

**Ressourcenorientierte Lernförderung in der Grundschule:  
Der Einfluss des Aufgabendesigns auf die Übungsleistungen von  
Zweitklässlern in Rechtschreiben und Mathematik**

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades der Philosophie  
des Fachbereiches Psychologie und Sportwissenschaft  
der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von  
Agnes Teresa Hecht  
aus Frankfurt

2014

Vorsitz:	Prof. Dr. Christiane Hermann
Erstgutachter:	Prof. Dr. Marco Ennemoser
Zweitgutachter:	Prof. Dr. Holger Probst
Datum der Disputation:	08.07.2014

## Danksagung

Mein herzlicher Dank gilt allen, die mich in den letzten Jahren, privat und beruflich, unterstützt und somit auch zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Zuallererst bedanke mich natürlich bei meinem Doktorvater Marco Ennemoser für die Idee zu diesem Projekt und die Chance, es hier in der Abteilung umzusetzen, auch mit kleinem Budget. Die Grundidee haben wir in kleineren Vorstudien entwickelt, welche in unseren Präventionsseminaren umgesetzt wurden. Daher auch vielen Dank an die Studierenden, die in diesem Rahmen mitgewirkt und für uns wertvolle Erfahrungen gemacht haben.

Holger Probst danke ich dafür, dass er sich trotz Ruhestand, Großvaterdiensten und Urlaub meiner Arbeit angenommen und hilfreiche Rückmeldung gegeben hat.

Ich war immer froh um meine Kollegen, mit denen es sich arbeiten und auch hervorragend mal ein Kaffeepäuschen machen lässt. Dank gilt besonders der lieben Ana, die bei Bedarf stets Auge und Ohr geliehen und ein wenig Mut gemacht hat und natürlich Daniel, der in statistischen Fragen sowieso immer der beste Ansprechpartner ist.

Bei den beiden (ehemaligen) Masterstudentinnen Elena Hohmann und Magdalena Piatosa möchte ich mich bedanken, da sie einen guten Teil der Organisation und Durchführung der Studie übernommen, viele kleine und große Probleme schnell und eigenständig gelöst und somit zum Gelingen der Studie beigetragen haben.

Selbstverständlich wäre es nicht möglich gewesen, diese Arbeit zu schreiben, wenn es nicht die engagierten Lehrkräfte und motivierten Schüler gegeben hätte, die ihre Zeit zur Verfügung gestellt haben. Und auch die studentischen Hilfskräfte, die an der Erhebung beteiligt waren, haben eine großartige Arbeit geleistet, was nicht selbstverständlich ist. Vielen Dank dafür, Teresa Hofmann, Lena Loske, Hannes Walter, Janina Dierl und Tanja Vejvoda.

Da sich das Schreiben einer Doktorarbeit doch über eine recht lange Zeit erstreckt, ist es wichtig, auch privat gute Unterstützung zu bekommen. Deshalb ist mein persönlicher Dank gerichtet an meine Eltern, für wissenschaftlichen wie auch familiären Rat, und vor allem an meine beiden Besten, für das unvoreingenommene (und fachfremde) Lesen, das Interesse an meiner Arbeit und so viel mehr. Ich danke euch von Herzen, Anna-Lisa und Jan!

## Zusammenfassung

Das Ziel, Schülern in der Grundschule die Kulturtechniken zu vermitteln, erfordert intensive und effektive Übungsphasen (Lauth & Grünke, 2005; Souvignier, 2003; Souvignier & Gold, 2006). Nach aktuellen Erkenntnissen zu gelungenem Instruktionsdesign gibt es Grund zu der Annahme, dass viele der verfügbaren Übungsmaterialien nicht uneingeschränkt geeignet sind, insbesondere schwache Schüler ausreichend zu unterstützen (Krajewski & Ennemoser, 2010). Anhaltspunkte, wie Material gestaltet sein muss, um diesem Anspruch gerecht zu werden, liefern Effektivitätsforschung, Informationsverarbeitungstheorien und pädagogische sowie psychologische Forschung. Aus der entsprechenden Literatur kristallisieren sich Arbeitsgedächtnis, Aufmerksamkeit, Vorwissen und Selbstkonzept als bedeutende Ressourcen heraus. Schwache Lerner weisen in diesen Variablen meist ein ungünstiges Profil auf oder können die verfügbaren Ressourcen nicht optimal nutzen. Vorrangig aus dem Modell der guten Informationsverarbeitung (Atkinson & Shiffrin, 1968) und der Cognitive Load Theory (Sweller, 1988; 1989) werden daher Prinzipien abgeleitet, welche einer ressourcenorientierten Gestaltung zugrundeliegen sollten.

In einer Studie mit 343 Zweitklässlern wurde je eine Übungssequenz in Rechtschreiben und Mathematik durchgeführt. Dabei wurde konventionelles mit einem ressourcenorientiert entlasteten Material kontrastiert und sowohl Effekte auf die Übungsleistung und das Aufmerksamkeitsverhalten als auch Fortschritte von Prä- zu Posttest gemessen.

Die Analysen zu den Übungen in Mathematik und Rechtschreiben zeigen, dass die Kinder, die das ressourcenorientierte Format bearbeitet haben, durchgängig bessere Leistungen erbringen als diejenigen, die das konventionelle Format bearbeitet haben. Die zusätzlich überprüften Effekte des Vorwissens, des Arbeitsgedächtnisses, der ADHS-Merkmale, des Aufmerksamkeitsverhaltens und des Selbstkonzepts variieren je nach Übungsinhalt. Über den Haupteffekt des Übungsformats hinaus tragen in Mathematik bis auf Impulsivität und Hyperaktivität alle analysierten Kovariaten signifikant zur Erklärung der Übungsleistung bei. Zudem war anzunehmen, dass die Effekte des Formates im Sinne von Aptitude Treatment Interactions (ATI; Snow, 1977) je nach lernerseitigen Voraussetzungen variieren würden. Dies ließ sich jedoch für die Rechenaufgaben nicht bestätigen. Entgegen der Erwartung wirken die geprüften Einflussfaktoren in beiden Übungsformaten gleichermaßen. Es ist aber festzustellen, dass der Einfluss der lernerseitigen Voraussetzungen tendenziell mit steigender Schwierigkeit zunimmt.

Im Rechtschreiben tragen alle Kovariaten außer dem Selbstkonzept und dem Aufmerksamkeitsverhalten signifikant zur Erklärung der Varianz in der Übungsleistung bei.

Darüber hinaus sind Interaktionseffekte festzustellen, nach denen das Vorwissen, die Aufmerksamkeitsleistung und das Selbstkonzept in den beiden Übungsgruppen einen unterschiedlich starken Einfluss auf die Übungsleistung haben. Kinder mit ungünstigen Voraussetzungen im Vorwissen und der Unaufmerksamkeit sind im konventionellen Format stärker benachteiligt sind als im ressourcenorientierten.

Übungseffekte von Prä- zu Posttest konnten in Mathematik gar nicht und im Rechtschreiben nur mit geringen Effektstärken festgestellt werden. Dies war allerdings auf die einmalige und sehr kurze Übungsphase zurückzuführen. Übungseffekte waren unter diesen Bedingungen nicht oder nur in sehr geringem Maße zu erwarten.

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	III
Tabellenverzeichnis.....	VI
1    Einleitung.....	1
2    Theoretischer Hintergrund.....	4
2.1        Erfolgreiches Lernen und Informationsverarbeitung.....	4
2.1.1        Bedingungen erfolgreichen Lernens .....	4
2.1.2        Modell der guten Informationsverarbeitung .....	9
2.1.3        Zusammenfassung: erfolgreiches Lernen und Informationsverarbeitung.....	11
2.2        Arbeitsgedächtnis.....	12
2.2.1        Arbeitsgedächtnismodell nach Baddeley .....	12
2.2.2        Arbeitsgedächtnismodell nach Cowan .....	14
2.2.3        Erfassung der Kapazität der einzelnen Arbeitsgedächtniskomponenten .....	15
2.2.4        Bedeutung des Arbeitsgedächtnisses für Lernprozesse.....	17
2.2.5        Zusammenfassung: Arbeitsgedächtnis.....	22
2.3        Aufmerksamkeit .....	23
2.3.1        Störungen der Aufmerksamkeit .....	24
2.3.2        Bedeutung der Aufmerksamkeit für Lernprozesse .....	25
2.3.3        Zusammenfassung: Aufmerksamkeit .....	28
2.4        Vorwissen .....	29
2.5        Strategien .....	30
2.6        Motivation und Selbstkonzept .....	32
2.7        Cognitive Load Theory.....	34
2.7.1        Aspekte kognitiver Belastung .....	35
2.7.2        Grundannahmen der Cognitive Load Theory .....	37
2.7.3        Effekte kognitiver Belastung.....	39
2.7.4        Rolle der kognitiven Belastung in Lernprozessen.....	42
2.7.5        Zusammenfassung: Cognitive Load Theory.....	46
2.8        Empfehlungen zur Gestaltung von Lernmaterial .....	47
2.8.1        Instruktionsdesign in Schulbuchforschung und Didaktik .....	48
2.8.2        Instruktionsdesign in pädagogisch-psychologischer Forschung.....	49
2.8.3        Prinzipien ressourcenorientierter Gestaltung von Lernmaterial .....	52
2.8.4        Beispiele regulärer Übungsformate .....	53
2.9        Zusammenfassung: Theoretischer Hintergrund .....	57
3    Fragestellung und Ziel der Studie .....	61

3.1	Forschungsfragen .....	63
3.2	Hypothesen .....	65
4	Methode .....	68
4.1	Stichprobe .....	68
4.2	Durchführung und Design .....	68
4.3	Erhebungsinstrumente .....	70
4.3.1	Mathematik (Prätest – Posttest) .....	70
4.3.2	Rechtschreiben (Prätest – Posttest) .....	71
4.3.3	Arbeitsgedächtnis .....	71
4.3.4	ADHS-Merkmale .....	72
4.3.5	Aufmerksamkeitsverhalten während der Aufgabenbearbeitung .....	73
4.3.6	Selbstkonzept .....	74
4.4	Übungsmaterial .....	74
4.4.1	Mathematikaufgaben .....	75
4.4.2	Rechtschreibaufgaben .....	77
4.5	Statistische Methoden .....	79
5	Ergebnisse .....	82
5.1	Mathematik .....	82
5.1.1	Deskriptive Statistiken und Voranalysen .....	83
5.1.2	Gruppenunterschiede in der Übung .....	86
5.1.3	Übungsleistung unter Berücksichtigung lernerseitiger Voraussetzungen .....	88
5.1.4	Kurzfristige Übungseffekte .....	104
5.2	Rechtschreiben .....	105
5.2.1	Deskriptive Statistiken und Voranalysen .....	106
5.2.2	Gruppenunterschiede in der Übung .....	108
5.2.3	Übungsleistung unter Berücksichtigung lernerseitiger Voraussetzungen .....	111
5.2.4	Kurzfristige Übungseffekte .....	121
5.3	Zusammenfassung: Ergebnisse .....	122
6	Diskussion .....	124
7	Literatur .....	140
	Anhang .....	163

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Schulproduktivitätsmodell nach Scheerens (1997) .....	5
Abbildung 2	Modell zur Qualität von Schule und Unterricht nach Ditton (2010) .....	5
Abbildung 3	Mehrkomponentenmodell der Informationsverarbeitung nach Atkinson und Shiffrin (1968).....	9
Abbildung 4	Lernerseitige Voraussetzungen für erfolgreiches Lernen (nach Pressley, Borkowski & Schneider, 1989) .....	10
Abbildung 5	Arbeitsgedächtnismodell nach Baddeley (2000) .....	13
Abbildung 6	Arbeitsgedächtnismodell nach Cowan (1995, 2001).....	15
Abbildung 7	Kognitive Überlastung (cognitive overload) nach Sweller, van Merriënboer und Paas (1998).....	38
Abbildung 8	Reduktion der extrinsischen Belastung zur Regulation der kognitiven Belastung nach Sweller, van Merriënboer und Paas (1998) .....	38
Abbildung 9	Intrinsische Belastung (intrB), die sich aus dem Verhältnis zwischen der Aufgabenschwierigkeit und der Expertise des Lerners ergibt, und Einfluss zusätzlicher extrinsischer Belastung (+ exB) nach Schnotz und Kürschner (2007).....	41
Abbildung 10	Flussdiagramm nach Tuovinen (2000): Wann ist eine ressourcenorientierte Gestaltung notwendig? .....	45
Abbildung 11	Beispiel nach Das Übungsheft Klasse 2 (Keller& Pfaff, 2010, S. 9) .....	54
Abbildung 12	Beispiel nach Übung macht den Meister Rechtschreib-Übungsheft mit klassenbezogener Lernwörtersammlung (Wetter, 1999, S. 9).....	56
Abbildung 13	Aufmerksamkeit und Arbeitsgedächtnis als Flaschenhals der Informationsverarbeitung (links) und Vorwissen, Strategien sowie ressourcenorientiertes Instruktionsdesign als Kompensation (rechts) .....	59
Abbildung 14	Angenommene Haupteffekte des Übungsformats auf das Verhalten und die Leistungen in der Übungsphase .....	63
Abbildung 15	Angenommene Haupteffekte der lernerseitigen Voraussetzungen auf die Übungsleistung und Moderation durch das Übungsformat.....	64
Abbildung 16	Fragestellung zu Übungseffekten von Prä- zu Posttest im Rahmen einer Übungssequenz; durchgezogene Linie: direkter Einfluss, gestrichelte Linie: Interaktion .....	65
Abbildung 17	Ablauf der Übungseinheiten in den Varianten Reihenfolge I (oben) und Reihenfolge II (unten) .....	69
Abbildung 18	Beispielaufgaben aus der Mathematikübung im gering belasteten Übungsformat ( $M^-$ ) .....	76
Abbildung 19	Beispielaufgaben aus der Mathematikübung im hoch belasteten Übungsformat ( $M^+$ ) .....	77
Abbildung 20	Beispielaufgaben aus der Rechtschreibübung im gering belasteten Übungsformat ( $RS^-$ ) .....	78



Abbildung 21	Beispielaufgaben aus der Rechtschreibübung im hoch belasteten Übungsformat (RS <sup>+</sup> ) .....	79
Abbildung 22	ANCOVA Mathematik: Leistung in der Übung .....	88
Abbildung 23	Einfluss des Vorwissens auf die Übungsleistung getrennt für die drei Schwierigkeitsstufen in Abhängigkeit von der Belastung (geringe M <sup>-</sup> vs. hohe M <sup>+</sup> ); geschätzte Randmittel in Prozent korrekt gelöster Aufgaben .....	90
Abbildung 24	Einfluss der phonologischen Schleife (PS) auf die Übungsleistung getrennt für die drei Schwierigkeitsstufen in Abhängigkeit von der Belastung (geringe M <sup>-</sup> vs. hohe M <sup>+</sup> ); geschätzte Randmittel in Prozent korrekt gelöster Aufgaben .....	94
Abbildung 25	Einfluss der zentralen Exekutive (ZE) auf die Übungsleistung getrennt für die drei Schwierigkeitsstufen in Abhängigkeit von der Belastung (geringe M <sup>-</sup> vs. hohe M <sup>+</sup> ); geschätzte Randmittel in Prozent korrekt gelöster Aufgaben .....	94
Abbildung 26	Einfluss des visuell-räumlichen Notizblocks (VRN) auf die Übungsleistung getrennt für die drei Schwierigkeitsstufen in Abhängigkeit von der Belastung (geringe M <sup>-</sup> vs. hohe M <sup>+</sup> ); geschätzte Randmittel in Prozent korrekt gelöster Aufgaben .....	95
Abbildung 27	Einfluss der ADHS-Bewertung auf die Übungsleistung, getrennt für die drei Schwierigkeitsstufen in Abhängigkeit von der Belastung (geringe M <sup>-</sup> vs. hohe M <sup>+</sup> ); geschätzte Randmittel in Prozent korrekt gelöster Aufgaben .....	97
Abbildung 28	Einfluss der Unaufmerksamkeit auf die Übungsleistung auf den drei Schwierigkeitsstufen für die Gruppen geringe (M <sup>-</sup> ) und hohe (M <sup>+</sup> ) Belastung; geschätzte Randmittel in Prozent korrekt gelöster Aufgaben .....	99
Abbildung 29	Einfluss des Aufmerksamkeitsverhaltens im Prätest auf die Übungsleistung, getrennt für die drei Schwierigkeitsstufen in Abhängigkeit von der Belastung (geringe M <sup>-</sup> vs. Hohe M <sup>+</sup> ); geschätzte Randmittel in Prozent korrekt gelöster Aufgaben .....	101
Abbildung 30	Einfluss des Selbstkonzepts (SE) auf die Übungsleistung, getrennt für die drei Schwierigkeitsstufen in Abhängigkeit von der Belastung (geringe M <sup>-</sup> vs. Hohe M <sup>+</sup> ); geschätzte Randmittel in Prozent korrekt gelöster Aufgaben .....	103
Abbildung 31	Haupt- und Interaktionseffekte von Übungsformat und Vorwissen auf die Übungsleistung für die Gruppen geringe (RS <sup>-</sup> ) und hohe (RS <sup>+</sup> ) Belastung; geschätzte Randmittel für die Summe korrekt geschriebener Wörter .....	112
Abbildung 32	Haupt- und Interaktionseffekte von Übungsformat und phonologischer Schleife (PS, links), zentraler Exekutive (ZE, Mitte) und visuell-räumlichem Notizblock (VRN, rechts) auf die Übungsleistung für die Gruppen geringe (RS <sup>-</sup> ) und hohe (RS <sup>+</sup> ) Belastung; geschätzte Randmittel für die Summe korrekt geschriebener Wörter .....	114
Abbildung 33	Haupt- und Interaktionseffekte von Übungsformat und ADHS-Bewertung auf die Übungsleistung für die Gruppen geringe (RS <sup>-</sup> ) und hohe (RS <sup>+</sup> ) Belastung; geschätzte Randmittel für die Summe korrekt geschriebener Wörter .....	116
Abbildung 34	Haupt- und Interaktionseffekte von Übungsformat und Aufmerksamkeit auf die Übungsleistung für die Gruppen geringe (RS <sup>-</sup> ) und hohe (RS <sup>+</sup> ) Belastung; geschätzte Randmittel für die Summe korrekt geschriebener Wörter .....	117

- Abbildung 35 Haupt- und Interaktionseffekte von Übungsformat und Aufmerksamkeitsverhalten (on task passiv) auf die Übungsleistung für die Gruppen geringe ( $RS^-$ ) und hohe ( $RS^+$ ) Belastung; geschätzte Randmittel für die Summe korrekt geschriebener Wörter .... 119
- Abbildung 36 Haupt- und Interaktionseffekte von Übungsformat und Selbstkonzept auf die Übungsleistung für die Gruppen geringe ( $RS^-$ ) und hohe ( $RS^+$ ) Belastung; geschätzte Randmittel für die Summe korrekt geschriebener Wörter ..... 120
- Abbildung 37 Überblick über die Haupteffekte der überprüften Kovariaten sowie die Interaktionseffekte der Kovariaten mit dem Übungsformat auf die abhängige Variable Übungsleistung; blau / grün: signifikanter Effekt; grau: kein signifikanter Effekt..... 123

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Überblick über die Übungsgruppen.....	70
Tabelle 2	Itemschwierigkeiten der Mathematikaufgaben, ermittelt über die gesamte Stichprobe .....	76
Tabelle 3	Stichprobengrößen für die einzelnen Variablen und aufgeteilt nach den Gruppen geringe ( $M^-$ ) und hohe ( $M^+$ ) Belastung .....	83
Tabelle 4	Deskriptive Statistiken der beiden Gruppen geringe ( $M^-$ ) und hohe ( $M^+$ ) Belastung in der Bewertung der ADHS-Merkmale Aufmerksamkeit, Impulsivität und Hyperaktivität durch die Lehrkräfte und t-Tests zu Gruppenunterschieden .....	84
Tabelle 5	Deskriptive Statistiken der beiden Gruppen geringe ( $M^-$ ) und hohe ( $M^+$ ) Belastung im Prätest und t-Tests zu Prätestunterschieden .....	84
Tabelle 6	Deskriptive Statistiken der beiden Gruppen geringe ( $M^-$ ) und hohe ( $M^+$ ) Belastung zum Aufmerksamkeitsverhalten im Prätest (in Prozent) und t-Tests zu Gruppenunterschieden.....	85
Tabelle 7	Deskriptive Statistiken der beiden Gruppen geringe ( $M^-$ ) und hohe ( $M^+$ ) Belastung zu den Arbeitsgedächtnisleistungen (z-standardisiert) und t-Tests zu Gruppenunterschieden.....	85
Tabelle 8	Deskriptive Statistiken der beiden Gruppen geringe ( $M^-$ ) und hohe ( $M^+$ ) Belastung in Leistung, Bearbeitungszeit, Auslassungen und Anzahl der Fragen in der Übung sowie t-Tests zu Gruppenunterschieden.....	86
Tabelle 9	Deskriptive Statistiken der beiden Gruppen geringe ( $M^-$ ) und hohe ( $M^+$ ) Belastung zum Aufmerksamkeitsverhalten in der Übung (in Prozent) und t-Tests zu Gruppenunterschieden.....	87
Tabelle 10	Deskriptive Statistiken zu den drei Komponenten des Selbstkonzepts und t-Tests zu Gruppenunterschieden.....	87
Tabelle 11	Deskriptive Statistiken der beiden Gruppen geringe ( $M^-$ ) und hohe ( $M^+$ ) Belastung in der Übung für die drei Schwierigkeitsstufen (Block I bis III; Prozent korrekt gelöster Aufgaben) und Gruppenunterschiede zwischen $M^-$ und $M^+$ .....	89
Tabelle 12	Bivariate Korrelationen zwischen Vorwissen, Übungsleistung und Arbeitsgedächtnis (AG) .....	91
Tabelle 13	Haupt- und Interaktionseffekte in Varianzanalysen über die drei Schwierigkeitsstufen zum Einfluss der einzelnen Arbeitsgedächtniskomponenten und des Übungsformats auf die Übungsleistung .....	92
Tabelle 14	Bivariate Korrelationen zwischen Vorwissen, Übungsleistung und ADHS-Merkmalen	96
Tabelle 15	Haupt- und Interaktionseffekte in Varianzanalysen mit Messwiederholung zum Einfluss der Aufmerksamkeit, Impulsivität und Hyperaktivität auf die Übungsleistung bei Kontrolle des Übungsformats.....	98
Tabelle 16	Bivariate Korrelationen zwischen Vorwissen, Übungsleistung und dem Aufmerksamkeitsverhalten im Prätest .....	100

Tabelle 17	Bivariate Korrelationen zwischen Vorwissen, Übungsleistung und dem mathematischen Selbstkonzept, dem Spaß bei der Aufgabenbearbeitung und der Einschätzung der Schwierigkeit.....	102
Tabelle 18	Häufigkeiten der Schülerangaben zum mathematischen Selbstkonzept („Ich kann gut rechnen.“) auf einer fünfstufigen Skala.....	104
Tabelle 19	Deskriptive Statistiken der beiden Gruppen geringe ( $M^-$ ) und hohe ( $M^+$ ) Belastung in Prä- und Posttest für die Gesamtleistung, enthaltene sowie Transferaufgaben .....	104
Tabelle 20	Stichprobengrößen für die einzelnen Variablen, aufgeteilt nach den Gruppen geringe ( $RS^-$ ) und hohe ( $RS^+$ ) Belastung.....	105
Tabelle 21	Deskriptive Statistiken der beiden Gruppen geringe ( $RS^-$ ) und hohe ( $RS^+$ ) Belastung in der Bewertung der ADHS-Merkmale Unaufmerksamkeit, Impulsivität und Hyperaktivität durch die Lehrkräfte und t-Tests zu Gruppenunterschieden .....	106
Tabelle 22	Deskriptive Statistiken der beiden Gruppen geringe ( $RS^-$ ) und hohe ( $RS^+$ ) Belastung im Prätest und t-Tests zu Gruppenunterschieden.....	107
Tabelle 23	Deskriptive Statistiken der beiden Gruppen geringe ( $RS^-$ ) und hohe ( $RS^+$ ) Belastung im Aufmerksamkeitsverhalten im Prätest (in Prozent) und t-Tests zu Gruppenunterschieden.....	107
Tabelle 24	Deskriptive Statistiken der beiden Gruppen geringe ( $RS^-$ ) und hohe ( $RS^+$ ) Belastung zu den Arbeitsgedächtnisleistungen und t-Tests zu Gruppenunterschieden .....	108
Tabelle 25	Deskriptive Statistiken der beiden Gruppen geringe ( $RS^-$ ) und hohe ( $RS^+$ ) Belastung zu Leistung Bearbeitungszeit und Anzahl der Fragen in der Übung und t-Tests zu den Gruppenunterschieden.....	109
Tabelle 26	Deskriptive Statistiken der beiden Gruppen geringe ( $RS^-$ ) und hohe ( $RS^+$ ) Belastung im Aufmerksamkeitsverhalten (in Prozent) in der Übung und t-Tests zu Gruppenunterschieden.....	110
Tabelle 27	Deskriptive Statistiken der beiden Gruppen geringe ( $RS^-$ ) und hohe ( $RS^+$ ) Belastung zu den Fragen zum Selbstkonzept und t-Tests zu Gruppenunterschieden.....	110
Tabelle 28	Bivariate Korrelationen zwischen Vorwissen, Übungsleistung und den Arbeitsgedächtnismaßen.....	113
Tabelle 29	Haupt- und Interaktionseffekte in Kovarianzanalysen zum Einfluss der einzelnen Arbeitsgedächtniskomponenten und des Übungsformates auf die Übungsleistung. 113	
Tabelle 30	Bivariate Korrelationen zwischen dem Vorwissen, der Übungsleistung und ADHS-Merkmalen in der Gesamtstichprobe.....	115
Tabelle 31	Haupt- und Interaktionseffekte in Kovarianzanalysen zum Einfluss der Unaufmerksamkeit, Impulsivität und Hyperaktivität auf die Übungsleistung bei Kontrolle des Übungsformats.....	116
Tabelle 32	Bivariate Korrelationen zwischen Vorwissen, Übungsleistung und dem Aufmerksamkeitsverhalten im Prätest .....	118
Tabelle 33	Bivariate Korrelationen zwischen Vorwissen, Übungsleistung und rechtschreibbezogenen Selbstkonzept, dem Spaß bei der Aufgabenbearbeitung und der Bewertung der Aufgabenschwierigkeit.....	119

Tabelle 34	Häufigkeiten der Schülerangaben zum rechtschreibbezogenen Selbstkonzept („Ich kann gut schreiben.“) auf einer fünfstufigen Skala .....	121
Tabelle 35	Deskriptive Statistiken der beiden Gruppen geringe ( $RS^-$ ) und hohe ( $RS^+$ ) Belastung in Prä- und Posttest .....	121
Tabelle 36	Ergebnisse der ANOVAs mit Messwiederholung für die Rechtschreibleistung auf den einzelnen Auswertungsebenen .....	122
Tabelle 37	Korrelationen zwischen den wichtigsten Variablen der Studie im Bereich Mathematik .....	180
Tabelle 38	Korrelationen zwischen den wichtigsten Variablen der Studie im Bereich Rechtschreiben .....	181

## 1 Einleitung

Zu den wichtigsten Zielen des Unterrichts in der Grundschule gehört die Vermittlung der Kulturtechniken Lesen, Schreiben und Mathematik. Vielen Kindern gelingt es allerdings nicht, diese Fertigkeiten problemlos zu erwerben. Daher stellt sich die Frage, wie man das Lernen in diesen Bereichen optimal fördern kann. Dazu gehört auch zu wissen, wie man Lernsituationen so aufbereiten kann, dass möglichst alle Schüler davon profitieren. Mit dieser Frage befasst sich unter anderem die Schuleffektivitätsforschung, aus der sich zahlreiche theoretische und empirische Hinweise ableiten lassen, wie das schulische Lernen bestmöglich gestaltet werden kann (für einen Überblick Scheerens & Bosker, 1997). Die vorgeschlagenen Maßnahmen setzen an unterschiedlichen Ebenen der Einrichtung Schule an, wie beispielsweise Lehrerverhalten, Schulorganisation und Schulklima. In der vorliegenden Arbeit steht mit der Frage, welchen Einfluss die Gestaltung von Arbeitsmaterialien auf die Lernleistung hat, ein konkreter Teil der Unterrichtsgestaltung im Fokus. Daher werden relevante Aspekte der Effektivitätsforschung als Hintergrund dargestellt und das Vorhaben dieser Arbeit wird in existierende Modelle eingeordnet.

Um eine fundierte Aussage darüber treffen zu können, welche Kriterien Lern- und Arbeitsmaterialien erfüllen müssen, damit sie Kinder im Lern- beziehungsweise Übungsprozess möglichst wirksam unterstützen, ist es zunächst erforderlich, die beim Lernen ablaufenden kognitiven Prozesse genauer zu betrachten. Theoretische psychologische Modelle liefern Hinweise, welche Bedingungen zu erfolgreichem Lernen beitragen. Pressley, Borkowski und Schneider (1989) stellen mit ihrem Modell der guten Informationsverarbeitung einen geeigneten theoretischen Rahmen für diese Analyse, da das Modell empirisch überprüfte Faktoren enthält, welche als Voraussetzungen für erfolgreiches Lernen gelten. Dem Arbeitsgedächtnis und der Aufmerksamkeit kommt eine Schlüsselrolle in der Informationsverarbeitung zu (Hasselhorn & Gold, 2009). Daher werden diese vertiefend besprochen und weitere Voraussetzungen effektiven Lernens und Übens herausgearbeitet. Im Rahmen einer eigenen Studie wird empirisch untersucht, welche Bedeutung die einzelnen Einflussfaktoren für die Leistung von Zweitklässlern in einer Übungssequenz in Mathematik und Rechtschreiben haben.

Als zweites theoretisches Modell dient die Cognitive Load Theory nach Sweller (1988) sowie Sweller und Chandler (1994). Die Autoren thematisieren, welche kognitiven Ressourcen beim Lernen beansprucht werden und welche Möglichkeiten es gibt, insbesondere Arbeitsgedächtnisbelastungen zu reduzieren. Aus empirischen Befunden leiten sie ab, wie Instruktionen zu gestalten sind, damit auch Schüler mit schwachen Voraussetzungen davon

profitieren können. Empfehlungen, die darauf aufbauen, finden sich in Beiträgen zum Instruktionsdesign (Brünken, Leutner & Niegemann, 2004; Niegemann, 2009), in dessen Rahmen durchaus praxisrelevante Richtlinien erarbeitet wurden. Dennoch haben sich diese Erkenntnisse bisher noch nicht in zufriedenstellendem Maße in Lern- und Übungsmaterial und Förderprogrammen niedergeschlagen (Krajewski & Ennemoser, 2010).

Die Forschungsbemühungen im Feld der Cognitive Load Theory beziehen sich zudem vor allem auf das Lernen mit Multimediaanwendungen und die meisten Studien thematisieren Lernprozesse bei Jugendlichen und Erwachsenen sowie komplexe Problemlöseaufgaben. Angelehnt an die Idee der Cognitive Load Theory wird deshalb in der vorliegenden Arbeit untersucht, ob sich die Grundprinzipien einer solchen ressourcenorientierten Herangehensweise auch auf Übungsaufgaben in der Grundschule übertragen lassen. Damit erfolgt ein Transfer auf eine neue Zielgruppe und gleichzeitig auf ein anderes Komplexitätsniveau. Die Grundlage bilden tatsächlich in der Praxis eingesetzte Materialien, die im Sinne einer ressourcenorientierten Gestaltung überarbeitet werden.

Die Arbeit umfasst sechs Kapitel. Im Anschluss an diese Einleitung werden der theoretische Hintergrund und anschließend Fragestellungen und Ziele der Studie erläutert. In weiteren zwei Kapiteln werden Methoden und Ergebnisse dargestellt. In der Diskussion werden schließlich die Befunde vor dem Hintergrund der dargestellten Theorie und unter Bezugnahme auf die Fragen und Hypothesen zusammengeführt.

In den einzelnen Abschnitten des theoretischen Hintergrunds werden grundlegende Theorien und Befunde pädagogischer und psychologischer Forschung erläutert, welche den Rahmen für die vorliegende Untersuchung geben. Dazu gehören zunächst Befunde aus der Forschung zur Effektivität von Lernprozessen in der Schule. Anschließend wird das Modell guter Informationsverarbeitung dargestellt, aus dem sich wichtige Ressourcen für Lernprozesse ableiten lassen (Kapitel 2.1). Da Aufmerksamkeit und Arbeitsgedächtnis sowie Strategien, Vorwissen, Selbstkonzept und Motivation als zentrale Voraussetzungen für erfolgreiche Informationsverarbeitung betrachtet werden können, werden diese Ressourcen im Anschluss genauer beschrieben (Kapitel 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 und 2.6). Dazu werden sowohl grundlegende Modelle als auch Ergebnisse empirischer Studien dargelegt. Schwerpunktmäßig wird für alle Ressourcen erläutert, welche Bedeutung sie für Lernprozesse haben und wie sich Defizite in diesen Bereichen nach aktuellem Forschungsstand auf den Lernerfolg auswirken.

Ein weiteres Theoriekapitel beinhaltet Annahmen sowie empirische Befunde aus dem Feld der Cognitive Load Theory zu der Frage, wie sich Belastungen der oben genannten Ressourcen auf

den Lernerfolg auswirken und dazu, wie eine Überlastung vorhandener kognitiver Ressourcen vermieden werden kann (Kapitel 2.7).

Zudem werden Ansätze und Empfehlungen aus dem Feld der Schulbuchforschung dargestellt, um aufzuzeigen, welche pädagogisch- und kognitionspsychologischen Erkenntnisse vorliegen und bereits Eingang in konkrete Leitfäden erlangt haben. Die Hinweise und Empfehlungen aus den verschiedenen Theorien und Untersuchungen werden zusammengetragen und Grundprinzipien abgeleitet, welche im Rahmen einer ressourcenorientierten Gestaltung von Übungsmaterialien berücksichtigt werden sollten (Kapitel 2.8).

Fragestellungen und Hypothesen, die sich aus den Forschungsbefunden sowie bestehenden Lücken ergeben, werden in Kapitel 3 erläutert. Darauf folgen zwei Kapitel, in denen zunächst die methodischen Überlegungen und das konkrete Untersuchungsdesign (Kapitel 4) und anschließend die Ergebnisse der Studie (Kapitel 5) dargestellt werden.

Abschließend werden diese zusammengetragen, vor dem Hintergrund der Fragen und Hypothesen diskutiert und Erkenntnisse sowie Forschungsaufträge für weitergehende Untersuchungen formuliert (Kapitel 6).



## 2 Theoretischer Hintergrund

Auch wenn in Deutschland seit PISA, IGLU und TIMMS eine stärkere Orientierung an empirischer Evaluation von Schulqualität festzustellen ist (Helmke, 2002; Roos & Schöler, 2009), bleibt die Tatsache bestehen, dass noch viel zu wenig systematisch untersucht wird, welche Merkmale von Unterricht zum Lernerfolg von Schülern beitragen (Roos & Schöler, 2009). Die zentrale Frage der vorliegenden Arbeit danach, wie Lernmaterial gestaltet sein muss, damit Schüler mit unterschiedlichen Voraussetzungen davon profitieren können, wurde bisher noch nicht ausreichend bearbeitet. Daher fehlt ein fester theoretischer Überbau, so dass Befunde und Modelle aus unterschiedlichen Bereichen herangezogen werden. Aus diesem Grund folgt eine Darstellung der Beiträge pädagogischer und psychologischer Forschung, welche den Rahmen für die vorliegende Arbeit bilden. Es wird aufgezeigt, an welchen Punkten die Studie zur ressourcenorientierten Lernförderung auf bestehende Forschung aufbauen kann und an welchen Stellen noch weiterer Forschungsbedarf besteht, so dass sich konkrete Fragen und methodische Hinweise für die Konzeption der Studie ableiten lassen.

### 2.1 Erfolgreiches Lernen und Informationsverarbeitung

#### 2.1.1 Bedingungen erfolgreichen Lernens

Mit der Frage, wie Schüler erfolgreich lernen, befasst sich in erster Linie die empirische Lehr- und Lernforschung als Teildisziplin der Pädagogischen Psychologie (Terhart, 2002). Arbeiten zur Effektivität von Schule und Unterricht stehen überwiegend in der Tradition der (empirischen) Prozess-Produkt-Forschung (Gage & Needles, 1989; Shuell, 1996; Slavin, 1994; Weinert, Schrader & Helmke, 1989). Die Qualität von Unterricht wird hier anhand seiner Ergebnisse gemessen. Dazu wird der Zusammenhang zwischen Merkmalen des Unterrichts und seinen Produkten (z.B. Leistungen der Schüler) untersucht. Daraus abgeleitete Produktivitätsbeziehungsweise Effektivitätsmodelle beziehen sich auf ganz verschiedene Aspekte, von denen einige direkt den Lernprozess betreffen, während andere recht weit vom eigentlichen Lernprozess entfernt liegen, wie beispielsweise Schulmanagement oder Personalentwicklung. Den größten Hebel für die Steigerung von Leistungen bieten allerdings Maßnahmen, die möglichst nah am Lernprozess ansetzen (Hattie, 2009).

Das Grundmodell (nach Scheerens, 1997), welches aus der Prozess-Produkt-Forschung folgt, besteht aus den drei Komponenten Input, Prozess und Output beziehungsweise Outcome (Abbildung 1). Als Input werden bei Scheerens (1997) und Scheerens und Bosker (1997) Merkmale der Lernenden und Lehrkräfte sowie des schulischen Kontexts berücksichtigt.

Direkte Konsequenzen aus den ablaufenden Prozessen stellen den Output dar, während mittel- bis langfristige Effekte aus der effizienten Gestaltung der Prozesse als Outcome bezeichnet werden. Kriterien für einen guten Outcome sind beispielsweise Berufs- und Lebenserfolg der Schüler.

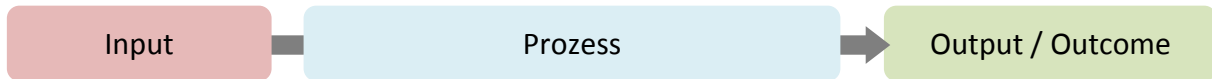


Abbildung 1 Schulproduktivitätsmodell nach Scheerens (1997)

Ditton (2010) differenziert dieses Modell weiter und schlüsselt die drei Hauptkomponenten in Teilbereiche auf (Abbildung 2). Es ist zunächst zu beachten, welche kognitiven Voraussetzungen und welchen Wissensstand Schüler mitbringen (Input). Selbstverständlich spielt es aber auch eine Rolle, mit welchen Methoden und welchem Material der Unterricht erfolgt (Prozess), um mehr und weniger förderliche Merkmale isolieren zu können. Am Ende ist zu überprüfen, wie erfolgreich Schüler die Lernprozesse durchlaufen haben (Output), um die bearbeiteten Inhalte und Materialien bewerten zu können.



Abbildung 2 Modell zur Qualität von Schule und Unterricht nach Ditton (2010)

Dieser Arbeit liegt eine prozessorientierte Sichtweise zugrunde, so dass größere strukturelle Merkmale, wie sie in der Abbildung aufgeführt werden und die ihre Wirkung langfristig entfalten, nicht im Fokus stehen (zum Beispiel Schulmanagement, finanzielle und strukturelle Rahmenbedingungen). Die orange eingefärbten Aspekte hingegen richten sich konkret auf die Leistungen der Schüler vor, während und nach dem Unterricht und sind daher für die

vorliegende Fragestellung besonders relevant. Der Fokus liegt demnach auf Merkmalen der Unterrichtsqualität, insbesondere auf der Qualität und Adäquatheit der Materialien. Theorien und Befunde zu diesem Bereich werden im Folgenden genauer vorgestellt.

Nach diesem Modell ist anzunehmen, dass Prozesse in erster Linie über eine Optimierung der Inputvariablen, zum Beispiel in Form von materiellen und finanziellen Ressourcen, zu steuern sind. Schülerleistungen sind allerdings weniger über die Rahmenbedingungen als vielmehr über die Gestaltung der Lehr- und Lernprozesse selbst zu beeinflussen (Lauth & Mackowiak, 2006; Peek & Neumann, 2006). Auch die bei Grünke (2006) geschilderten Befunde aus 26 Metaanalysen stützen diese Sichtweise, nach der prozessnahe Variablen den größten Einfluss auf den Output haben. Dies ist ebenso den Befunden der sogenannten Hattie-Studie zu entnehmen, in der mehrere hundert Metaanalysen wiederum in einer übergeordneten Analyse zusammengefasst wurden (Hattie, 2009). Hier zeigte sich, dass sich organisatorische Maßnahmen wie die Reduktion der Klassengröße ( $d = 0.21$ ), eine Öffnung der Klassen ( $d = 0.01$ ) oder erhöhte finanzielle Mittel ( $d = 0.23$ ) lediglich in geringem Maße auf die Leistungen auswirken. Konkrete Unterrichtsgestaltung, wie reziprokes Lehren ( $d = 0.74$ ), regelmäßiges Feedback ( $d = 0.72$ ) oder direkte Instruktion ( $d = 0.59$ ) hingegen erwiesen sich als viel stärkere Prädiktoren für Schülerleistungen und sind daher auch besser als Hebel geeignet. Darüber hinaus indizieren die Ergebnisse von Metaanalysen, wie beispielsweise die von Ise, Engel und Schulte-Körne (2012) zur Schriftsprachförderung klar eine möglichst spezifische Förderung der Kompetenzen statt allgemein gehaltener Maßnahmen.

Natürlich sind etwaige Effekte bei klar abgegrenzten Variablen besser messbar und somit einfacher nachzuweisen als bei übergeordneten Rahmenbedingungen. Dennoch stellt sich die Frage, wie förderliche Merkmale aus der Vielzahl an Aspekten, welche Unterricht beeinflussen, herausgefiltert werden können.

Zusätzlich bieten Ergebnisse der Forschung zu *Aptitude Treatment Interactions* (ATI; Snow, 1977) Grund zu der Annahme, dass nicht jeder Lerner gleich auf bestimmte Maßnahmen reagiert. Vielmehr ist davon auszugehen, dass Schüler in Abhängigkeit von ihren individuellen Voraussetzungen unterschiedlich profitieren. Je nachdem, wie viel Vorwissen ein Schüler beispielsweise mitbringt, können instruktionale Methoden mehr oder weniger lernförderlich oder gar hinderlich sein.

Bereits seit Carroll (1963) unternehmen Forscher den Versuch, Determinanten guter Schulleistungen und damit erfolgreichen Unterrichts zu bestimmen und beziehen dabei meist neben anderen Faktoren die Unterrichtsqualität als Einflussfaktor ein (für einen Überblick Einsiedler, 1997). Allerdings werden darunter sehr unterschiedliche Aspekte von Unterricht

gefasst, die von der reinen Lernzeit über Klassenmanagement und Strukturierung bis zu Motivierung reichen. Helmke und Weinert (1997) haben ein Bedingungsmodell erstellt, in dem sie unterschiedliche Determinanten nach ihrer Nähe zu und damit auch nach ihrer Wirkung auf die zentrale Output-Variable Leistung abstufen. Nach dem Modell sind lernerseitige Voraussetzungen am stärksten am Lernergebnis beteiligt. Diesen Merkmalen auf der Ebene des Individuums sind Eigenschaften des Unterrichts übergeordnet. Eine weitere Stufe darüber sind Schul- und Klassenkontext sowie Besonderheiten der jeweiligen Lehrkraft anzusiedeln. Sollen also Lernprozesse optimiert werden, ist es nach dem Modell sinnvoll, die Qualität der Methoden und Materialien des Unterrichts zu verbessern und dabei die individuellen Voraussetzungen der Schüler zu berücksichtigen.

Slavin (1984, 1994) stützt sein sogenanntes QUAIT-Modell auf Carrolls (1963) Ansatz und gibt als grundlegende Faktoren erfolgreichen Unterrichts *quality*, *appropriateness*, *incentive* und *time* an. Damit beschreibt er (1) die Qualität der Instruktion (*quality*), welche darin besteht, dass Inhalte so präsentiert werden, dass sie möglichst leicht gelernt werden können, (2) ein angemessenes Niveau der Anforderungen (*appropriateness*), welches sich am Vorwissen der Schüler orientiert, (3) die Sicherung der Motivation und Lernbereitschaft (*incentive*) sowie (4) ausreichende Lernzeit (*time*). Er betont, dass die Gesamtheit dieser Faktoren erfolgreiche Lernsituationen ausmachen und es nicht ausreicht, lediglich einzelne Aspekte zu erfüllen.

Scheerens und Bosker (1997) leiten aus mehreren Einzelstudien und der Analyse bestehender Instrumente zur Evaluation von Schulen 13 sogenannte *effectiveness enhancing factors* ab, von denen sich zwei konkret auf die Ebene des Lernens und der Instruktion beziehen und deshalb an dieser Stelle herausgegriffen werden. Zum einen hat sich ein hoher Anteil effektiver Lernzeit (*effective learning time*) als förderlich für das Lernen erwiesen. Zum anderen sind klare Instruktionen (*structured instruction*) als wichtiges Merkmal erfolgreicher Lernprozesse zu nennen. Klarheit und Transparenz kann die Lehrkraft schaffen, indem sie verlässliche Regeln einführt und konsequent einhält, aber auch indem sie Aufgaben so gestaltet, dass Ziele und Vorgehen für den Lerner klar zu erkennen sind. Dies führt zu einer stärker sachlich orientierten Arbeit (Peek & Neumann, 2006). Auf diese Weise kann zusätzlich ein erhöhter Teil der zur Verfügung stehenden Zeit als effektive Lernzeit genutzt werden, da die Schüler weniger Zeit darauf verwenden müssen, die Aufgabenstellung zu verstehen und unter Umständen falsche Ansätze zu verfolgen. Um einen möglichst hohen Anteil effektiver Lernzeit zu erreichen, können demnach Maßnahmen auf zwei Ebenen getroffen werden. Einerseits müssen Lehrkräfte ein gutes *classroom management* haben, andererseits müssen Materialien, Instruktionen und Aufgaben möglichst intuitiv verständlich sein, damit wenig Zeit für zusätzliche Erklärungen,

Nachfragen und fehlerhafte Bearbeitung aufgewendet werden muss. Demzufolge ist die Quantität der zur Verfügung stehenden Zeit relevant, zusätzlich muss aber auch die Qualität der Aufgabenstellungen gewährleistet sein, damit die gewonnene Zeit erfolgreich genutzt werden kann (Archer & Hughes, 2011). Effiziente Instruktionen verhelfen Schülern mit unterschiedlichen Voraussetzungen somit zu möglichst großen Lernfortschritten in möglichst kurzer Zeit (Konrad, Helf & Joseph, 2011).

In der vorliegenden Studie werden daher die direkten Effekte der Instruktionsgestaltung bei der Übung bereits gelernter Inhalte untersucht. Dabei wird die Leistung als Erfolgskriterium herangezogen, um möglichst nah am Prozess zu bleiben. Zudem sollen die vorhandenen Erkenntnisse aus instruktionspsychologischen Studien genutzt werden, welche bisher noch viel zu wenig Eingang in die Praxis schulischer Lernförderung finden (Krajewski & Ennemoser, 2010).

Um dem Problem eines zu geringen Transfers wissenschaftlicher Erkenntnisse in die Praxis entgegenzuwirken, hat das amerikanische *National Research Council (NRC)* eine Übersicht über Forschungserkenntnisse zu Lernprozessen veröffentlicht. Diese enthält neben Befunden auch Anwendungsmöglichkeiten, was einen möglichst direkten Übertrag in die Schulpraxis vorantreiben soll (Bransford, Brown & Donovan, 2000). Als besonders wichtig stellen die Autoren hier heraus, dass Schüler Strategien erlernen, mit denen sie Aufgaben angehen können. Dabei betonen sie aber, dass insbesondere schwache Schüler beim Lernen und Üben angeleitet werden müssen, damit sie nicht unnötig viel Lernzeit dafür aufwenden, fehlerhafte Strategien zu verfolgen.

Kroesbergen und van Luit (2002) haben eine Studie mit schwachen Rechnern ( $N = 75$ ) aus allgemeinen Schulen und Förderschulen durchgeführt, in der sie zeigen konnten, dass auch schwache Schüler von selbstgesteuerten Lernformen profitieren können. Allerdings wurde ebenso deutlich, dass dies nur unter der Voraussetzung einer guten Anleitung möglich ist und dass dies besser bei Schülern funktioniert, die eine allgemeine Schule besuchen und in diesem Fall geringere Einschränkungen der Intelligenz zeigen. Schüler der Förderschule sprachen am besten auf eine strukturierte und stark lehrergesteuerte Intervention an.

Diese Studien zeigen exemplarisch, dass die Gruppe der schwachen Lerner besonderer Unterstützung bedarf, die nicht lediglich in Form einer zusätzlichen Bearbeitungszeit, sondern vor allem mit strukturierenden Maßnahmen umgesetzt werden muss. Die oben mehrfach thematisierte Lernzeit muss zudem, besonders bei schwachen Schülern, häufig für intensives Üben genutzt werden (Lauth & Grünke, 2005; Souvignier & Gold, 2006). Dabei sind sowohl stark angeleitete als auch selbstgesteuerte Phasen notwendig, wie dies beispielsweise im

Rahmen von Hausaufgaben oder Einzelarbeitsphasen im Unterricht der Fall ist. Daher ist sicherzustellen, dass Schüler die Zeit, die sie mit Übungsaufgaben verbringen, möglichst effektiv nutzen. Um dies bewerkstelligen zu können, ist es wichtig zu wissen, welche Prozesse beim Lernen ablaufen und wie diese optimal unterstützt werden können. Daher liegt der Fokus im Folgenden auf der kognitiven Informationsverarbeitung, welche gute Ansatzpunkte für die Optimierung von Lernbedingungen liefert.

### 2.1.2 Modell der guten Informationsverarbeitung

Im Rahmen pädagogisch-psychologischer Forschung wird untersucht, was erfolgreiche von schwachen Lernern unterscheidet, um daraus Handlungsempfehlungen ableiten zu können, welche helfen, Lernprozesse zu optimieren. Grundlegende Annahmen dazu, wie Informationen kognitiv verarbeitet werden und wo man ansetzen kann, um diesen Vorgang möglichst optimal zu unterstützen, basieren auf dem Mehrkomponentenmodell nach Atkinson und Shiffrin (1968, Abbildung 3). Arbeitsgedächtnismodelle wie dieses bilden demzufolge einen Kern, auf dem viele erweiterte Modellvorstellungen aufbauen.

Alle neuen Reize werden dem Modell zufolge in den sogenannten sensorischen Registern für kurze Zeit aufgenommen. Nur die Informationen, auf die genügend Aufmerksamkeitsressourcen gelenkt werden, werden ausgewählt und weitergegeben. Die selektierten Informationen gelangen ins Arbeitsgedächtnis, wo sie vorübergehend gespeichert und verarbeitet werden, um letztendlich im Langzeitgedächtnis in das bereits vorhandene Wissen integriert zu werden. Umgekehrt werden sie bei Bedarf auch wieder über das Arbeitsgedächtnis abgerufen und für neue Lernprozesse genutzt.

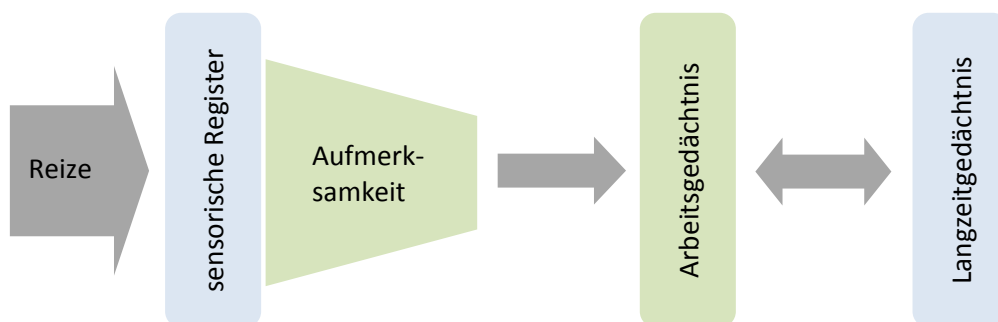


Abbildung 3 Mehrkomponentenmodell der Informationsverarbeitung nach Atkinson und Shiffrin (1968)

Aufbauend auf diesem Grundmodell haben Pressley, Borkowski und Schneider (1987) Befunde aus der kognitions- und motivationspsychologischen Forschung zusammengetragen und daraus ein Modell erstellt, mit dessen Hilfe sie Bedingungen erfolgreicher Informationsverarbeitung

aufzeigen. Das sogenannte Modell der guten Informationsverarbeitung haben die Autoren zudem um Hinweise ergänzt, wie solch eine gute Informationsverarbeitung erreicht werden kann (Pressley, Borkowski & Schneider, 1989). Sie nennen Strategien, Wissen, Metakognition, Motivation und Kurzzeitgedächtnis als kritische Aspekte, welche im Unterricht berücksichtigt werden müssen (Pressley, 1994) und betonen, dass gute Informationsverarbeitung ein Produkt langjähriger guter Unterrichtspraxis ist und nicht durch kurzfristige Interventionen erreicht werden kann (Pressley, Borkowski & Schneider, 1989). Sie geben fünf Bereiche als individuelle Voraussetzungen für erfolgreiches Lernen an, welche auch als Ansatzpunkte für die vorliegende Studie dienen (Abbildung 4). Dazu gehören im Langzeitgedächtnis verfügbares Vorwissen, Aufmerksamkeits- und Gedächtnisfunktionen, die Nutzung und Regulation von Strategien sowie die motivationale Disposition und das Selbstkonzept. Diese Voraussetzungen beeinflussen nach dem Modell der guten Informationsverarbeitung die Leistungserfolge, die Lerner erzielen können. Theoretische Modelle sowie empirische Befunde zu deren Bedeutung für Lernprozesse werden in den folgenden Kapiteln dargestellt (Kapitel 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 und 2.6) sowie mit den Grundlagen der *Cognitive Load Theory* (Kapitel 2.7) verknüpft.



Abbildung 4 Lernerseitige Voraussetzungen für erfolgreiches Lernen (nach Pressley, Borkowski & Schneider, 1989)

In der jüngeren Vergangenheit wurden Modifikationen dieses Modells vorgeschlagen. So ergänzten Hasselhorn und Gold (2009) die Aspekte Volition und lernbegleitende Emotionen (INVO-Modell). Der hier dargestellten Studie liegt allerdings das ursprüngliche Modell zugrunde, da die Untersuchung sehr nah am Übungsprozess orientiert ist. Aufgaben sind genau vorgegeben und werden nur über einen sehr kurzen Zeitraum bearbeitet, so dass der Aspekt der Volition kaum zum Tragen kommen kann. Die Bedeutung lernbegleitender Emotionen ist selbstverständlich auch in diesem Rahmen zu berücksichtigen, wird allerdings dem Bereich Motivation und Selbstkonzept zugeordnet.

Eine besondere Rolle kommt in der Liste der genannten Merkmale dem Arbeitsgedächtnis und der Aufmerksamkeit zu, da sie als „Flaschenhals“ in der Informationsverarbeitung limitierende

Faktoren darstellen (Hasselhorn & Gold, 2009) und daher bei der Gestaltung von Lern- und Übungsmaterial besonders berücksichtigt werden müssen.

Für die schulische Förderung lassen sich aus dem Modell zwei grundlegende Ansatzpunkte ableiten: Es ist anzustreben, dass Defizite in einzelnen Komponenten guter Informationsverarbeitung durch andere kompensiert werden. Beispielsweise können Strategien helfen, Schwächen in der Aufmerksamkeit auszugleichen. Allerdings sind die individuellen Voraussetzungen selbst nicht als Hebel für eine Förderung geeignet. Daher ist es besonders wichtig, Instruktionsformen zu finden, welche diese Ressourcen angemessen beachten, damit Defizite im Unterricht nicht zum Tragen kommen.

### **2.1.3 Zusammenfassung: erfolgreiches Lernen und Informationsverarbeitung**

Aus der Lehr-Lernforschung sind zahlreiche Hinweise auf lernförderliche Bedingungen sowie auf Merkmale guten Unterrichts hervorgegangen (Kapitel 2.1.1). Legt man das Prozess-Produkt-Paradigma zugrunde, sind zwei große Komponenten zu nennen, welche den Erfolg von Lernprozessen, nämlich eine gesteigerte Leistung und damit den Output bestimmen. Solche Lernerfolge sind in erster Linie durch die Berücksichtigung des Inputs und durch die Optimierung der Informationsverarbeitungsprozesse möglich. Auf der Grundlage der ATI-Forschung ist davon auszugehen, dass der Output und damit erfolgreiches Lernen gesteigert werden, wenn diese beiden Vorgaben gut zusammenspielen. Aus den Ausführungen zu Determinanten guten Lernens und den zugehörigen Modellen lassen sich mehrere förderliche Unterrichtsfaktoren ableiten, welche den Lernprozess optimieren können. Für die Gestaltung von Lernsituationen sind insbesondere die effektive Nutzung der Lernzeit und strukturierte Instruktionen hervorzuheben.

Im Modell der guten Informationsverarbeitung (Kapitel 2.1.2) werden individuelle Voraussetzungen genannt, welche als Einflussfaktoren auf die Informationsverarbeitung gelten und sich in empirischen Studien als bedeutsam erwiesen haben. Im Einzelnen sind dies das Arbeitsgedächtnis, die Aufmerksamkeit, bereichsspezifisches Vorwissen, Strategien sowie Selbstkonzept und Motivation.

Im Folgenden werden die fünf großen Einflussfaktoren nach dem Modell der guten Informationsverarbeitung genauer vorgestellt. Tatsächlich sind die einzelnen Faktoren nicht immer klar voneinander abzugrenzen. So sind beispielsweise einzelne Aspekte des Arbeitsgedächtnisses eng mit Aufmerksamkeitsleistungen assoziiert. Dennoch werden sie zunächst getrennt voneinander erläutert. Der Schwerpunkt liegt auf dem Arbeitsgedächtnis und der Aufmerksamkeit, da diese wichtige kognitive Ressourcen darstellen, die sich als instruktionspsychologisch bedeutsam erwiesen haben (Kapitel 2.7) und somit für die



Gestaltung von Lernmaterial eine entscheidende Grundlage darstellen. Anschließend werden das Vorwissen als wesentlicher Prädiktor, Strategien sowie Motivation und Selbstkonzept als moderierende und potentiell entlastende Faktoren besprochen.

## 2.2 Arbeitsgedächtnis

Aktuell sind mehrere theoretische Modelle verfügbar, welche die Aufgaben und Funktionen des Arbeitsgedächtnisses beschreiben (für einen Überblick siehe Miyake & Shah, 1999). Sie haben gemeinsam, dass sie dem Arbeitsgedächtnis die Aufgabe zuschreiben, Informationen bereitzuhalten und zu bearbeiten, womit sie ihm eine zentrale Rolle in der Informationsverarbeitung beimesen. Ebenso gehen alle Modelle davon aus, dass das Arbeitsgedächtnis lediglich über eine begrenzte Kapazität verfügt.

Im europäischen Raum ist die Modellvorstellung nach Baddeley (1986, 1996, 2000, 2006) vorherrschend. Dabei wird von einem Zusammenspiel mehrerer Teilsysteme ausgegangen, die durch ein zentrales Steuerungsinstrument, die zentrale Exekutive, koordiniert werden. Die Teilsysteme sind dabei für spezifische Inhalte verantwortlich (visuell-räumlich vs. phonologisch). Insbesondere in der amerikanischen Forschungslandschaft findet sich zudem die Annahme, dass das Arbeitsgedächtnis stark an die Aufmerksamkeitssteuerung und das Langzeitgedächtnis gebunden ist. Nach dem Modell von Cowan (1995, 2001) beispielsweise ist das Arbeitsgedächtnis ein Teil des Langzeitgedächtnisses, welcher durch selektive Aufmerksamkeit aktiviert wird.

Die beiden Modelle haben sich aus verschiedenen Traditionen entwickelt (für einen Überblick siehe Berti, 2010) und unterscheiden sich daher in einigen grundlegenden Aspekten. Der wichtigste ist die Annahme nur *einer* Speicherkomponente bei Cowan gegenüber der Mehrspeicherlösung bei Baddeley. Der vorliegenden Arbeit liegt das modulare Modell von Baddeley zugrunde, denn es bietet eine anschauliche und inhaltspezifische Theorie, deren Annahmen empirisch geprüft sind, und es hat sich in der pädagogisch-psychologischen Forschung als grundlegendes Modell etabliert. Im Folgenden werden beide Modelle genauer vorgestellt.

### 2.2.1 Arbeitsgedächtnismodell nach Baddeley

Baddeley (1986, 1996, 2000, 2006) geht in seinem Arbeitsgedächtnismodell von inhaltspezifischen Speichersystemen für phonologische und visuell-räumliche Informationen aus, welche mit einer inhaltsunspezifischen Kontrolleinheit, der zentralen Exekutive, verknüpft sind (Abbildung 5). Diese grundsätzliche Annahme wurde in Studien unter Rückgriff auf das

*dual task*-Paradigma (Baddeley, 1996) untermauert. In diesen bearbeiteten Probanden eine sogenannte Primäraufgabe, welche ein Speichersystem des Arbeitsgedächtnisses belastete, beispielsweise den visuell-räumlichen Notizblock. Parallel erhielten sie eine weitere Aufgabe, welche ein anderes Speichersystem forderte, zum Beispiel die phonologische Schleife. So könnte eine denkbare Aufgabenstellung sein, eine vorgegebene Reihe von Wörtern oder Buchstaben zu wiederholen, während man mathematische Problemlöseaufgaben bearbeitet. In der Regel wurde bei diesem Vorgehen zwar die Primäraufgabe durchaus schlechter gelöst als ohne Zusatzaufgabe. Allerdings fielen diese Nachteile deutlich geringer aus als zu erwarten gewesen wäre, wenn man von einer globalen Speicher- und Verarbeitungsstruktur ausgeht. Daraus leitet sich die Schlussfolgerung ab, dass tatsächlich separate Systeme zur Verfügung stehen und die beiden Aufgaben unterschiedliche Komponenten des Arbeitsgedächtnisses beanspruchen. Die getrennte Verarbeitung phonologischer und visuell-räumlicher Informationen zeigt sich nicht nur in Studien von Baddeley und anderen (für einen Überblick siehe Baddeley, 1986, 2006), die auf verhaltensbasierten Messungen beruhen, sondern wird auch durch neuropsychologische Befunde unterstützt. So fanden Smith und Jonides (1997) mit Hilfe bildgebender Verfahren, dass je nach Inhalt unterschiedliche Gehirnareale aktiviert sind und dass sich der Grad der Aktivierung je nach Belastung der einzelnen Arbeitsgedächtniskomponenten unterscheidet.

Während relativ gut abgesichert ist, dass Informationsverarbeitung inhaltsspezifisch erfolgt, ist jedoch noch nicht klar, wie die einzelnen Subsysteme genau funktionieren. Bekannt ist, dass die phonologische Schleife und der visuell-räumliche Notizblock über eine begrenzte Kapazität verfügen. Diese limitierte Kapazität macht sich darin bemerkbar, dass im Arbeitsgedächtnis nur eine begrenzte Menge an Informationen gespeichert (Miller, 1956) und diese nur für eine kurze Zeitspanne bereitgehalten werden kann (Peterson & Peterson, 1959).

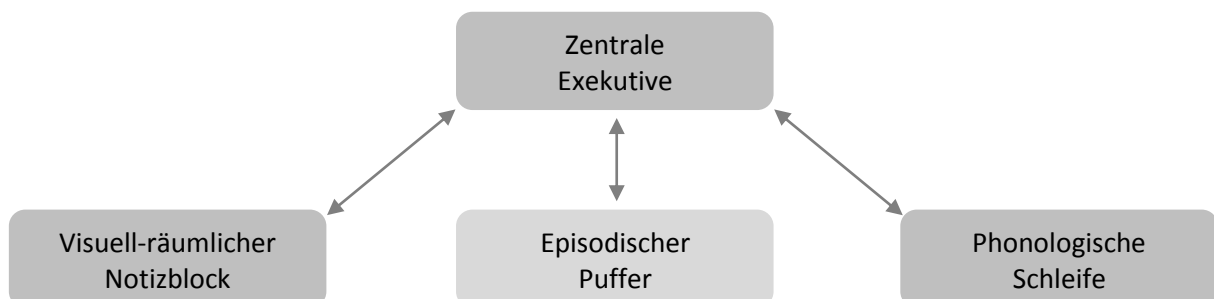


Abbildung 5 Arbeitsgedächtnissmodell nach Baddeley (2000)

In der phonologischen Schleife werden sprachliche Informationen gespeichert und bearbeitet. Daran sind mit einem passiven Speicher und artikulatorischen Kontrollprozessen wiederum zwei Komponenten beteiligt (Baddeley, 2002). Phonetische Informationen können im Speicher

für etwa zwei Sekunden bereitgehalten werden. Mit Hilfe eines inneren Nachsprechens, dem *rehearsal* im artikulatorischen Kontrollprozess, können Informationen allerdings auch für längere Zeit gespeichert werden. Darüber hinaus werden im artikulatorischen Kontrollprozess visuell dargebotene Inhalte in phonetische Informationen umkodiert (Hasselhorn & Grube, 2003).

Der visuell-räumliche Notizblock dient der Speicherung und Weitergabe visueller und räumlicher Informationen. Baddeley (1986) geht davon aus, dass statische und dynamische Aspekte getrennt voneinander verarbeitet werden. Das heißt, er postuliert einen Speicher für visuelle Informationen und eine Komponente für die Wiederholung visuell-räumlich dargebotener Abfolgen. Allerdings ist die Forschungslage hier bisher noch nicht eindeutig (Hasselhorn & Grube, 2003), so dass auch Interaktionen zwischen diesen beiden Bereichen oder eine gemeinsame Verarbeitung nicht auszuschließen sind.

Der sogenannte episodische Puffer (Abbildung 5) wurde erst später zu dem Modell hinzugefügt und ist dafür zuständig, Informationen modalitätsübergreifend zwischenspeichern (Baddeley, 2000). Er wird aus der phonologischen Schleife und dem visuell-räumlichen Notizblock gespeist und Einzelinformationen werden zu größeren Einheiten (*chunks*) zusammengefasst, so dass sich die Speicherkapazität insgesamt erhöht.

Die zentrale Exekutive koordiniert die Prozesse in den drei ihr untergeordneten Systemen. Dabei kommt ihr die Aufgabe zu, Aufmerksamkeitsressourcen zu kontrollieren und zu steuern (Baddeley & Hitch, 1994). Daneben trägt die zentrale Exekutive dazu bei, Informationen aus dem Langzeitgedächtnis abzurufen und weiterzuverarbeiten sowie neue Informationen ins Langzeitgedächtnis weiterzuleiten, wo sie mit bestehendem Vorwissen verknüpft werden. Eine gute Funktionsfähigkeit der zentralen Exekutive erleichtert somit Planungs- und Überwachungsprozesse und die schnelle Verarbeitung von Informationen (Baddeley, 1996).

Die beschriebenen Modellvorstellungen nach Baddeley haben natürlich auch Konsequenzen auf die Diagnostik, denn die Annahme separater Speicher- und Verarbeitungssysteme für phonologische und visuell-räumliche Informationen erfordert auch eine differenzierte Diagnostik der einzelnen Bereiche. Wie diese aussehen kann, wird in Abschnitt 2.2.3 dargestellt, indem für jede Komponente des Arbeitsgedächtnisses übliche Testformate erläutert werden.

### 2.2.2 Arbeitsgedächtnismodell nach Cowan

Cowan (1995, 2001) trifft in seinem Modell keine strukturelle Unterscheidung zwischen Arbeitsgedächtnis und Langzeitgedächtnis, sondern definiert die Informationen, auf die eine Person ihre Aufmerksamkeit lenkt, als im Arbeitsgedächtnis befindlich. Die zentralen

Elemente, die an diesem Prozess beteiligt sind, sind ein sensorisches Gedächtnis als vorgelagerter Speicher, das Langzeitgedächtnis als Hauptspeicher, der Fokus der Aufmerksamkeit im Langzeitgedächtnis und eine zentrale Exekutive als Steuerelement (Abbildung 6).

Nach Cowan ist es sowohl möglich, die Aufmerksamkeit aktiv zu fokussieren als auch unbewusst Aufmerksamkeit auf bestimmte Informationen zu lenken. Beides führt nach seinem Modell dazu, dass die entsprechenden Inhalte im Fokus der Aufmerksamkeit zur Weiterverarbeitung bereitgehalten werden. Dies bedingt, dass die Informationsverarbeitung durch Schwächen in der Aufmerksamkeit deutlich beeinträchtigt werden kann.

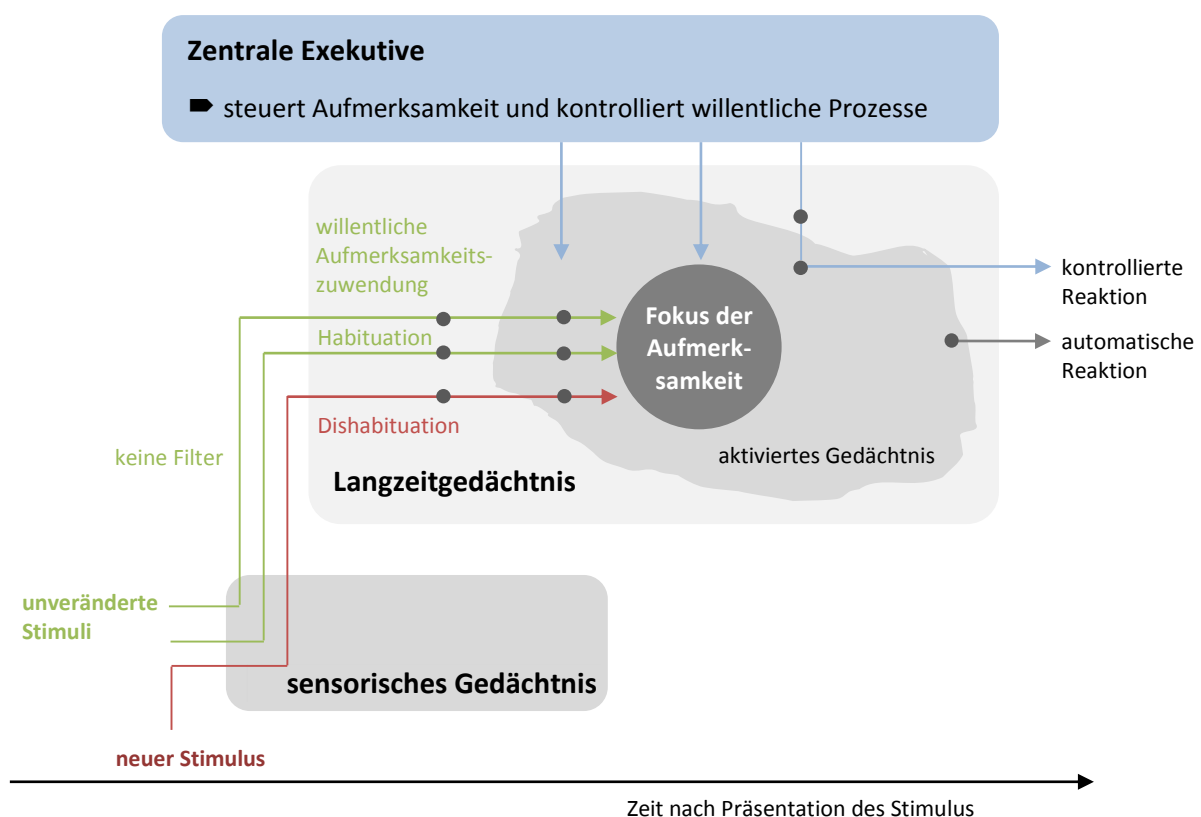


Abbildung 6 Arbeitsgedächtnissmodell nach Cowan (1995, 2001)

### 2.2.3 Erfassung der Kapazität der einzelnen Arbeitsgedächtniskomponenten

Ein grundlegendes Prinzip der Diagnostik der Arbeitsgedächtniskapazität besteht darin, die Gedächtnisspanne zu messen. Spannenaufgaben wurden von Jacobs (1887) eingeführt und werden auch heute noch in gängigen Verfahren (z. B. AWMA; Alloway, 2007; AGTB 5-12; Hasselhorn, Schumann-Hengsteler, Gronauer, Grube, Mähler, Schmid, Seitz-Stein & Zoelch, 2012; HAWIK IV; Petermann & Petermann, 2007) eingesetzt. Mit zunehmenden Forschungsaktivitäten zur Beschaffenheit des Arbeitsgedächtnisses wurden zahlreiche

Aufgaben entwickelt, die die theoretisch angenommenen Komponenten des Arbeitsgedächtnisses separat erfassen sollen. Im Folgenden werden daher Aufgaben zur Diagnostik der phonologischen Schleife, des visuell-räumlichen Notizblocks und der zentral-exekutiven Funktionen vorgestellt, wie sie auch in der AGTB 5-12 (Hasselhorn et al., 2012), dem aktuell einzigen umfassenden Verfahren im deutschsprachigen Raum, enthalten sind.

Die phonologische Schleife wird häufig mit Hilfe von Ziffern-, Wort- oder Pseudowortspannen gemessen (Gathercole & Pickering, 2000; Seitz-Stein et al., 2012). Dabei wiederholen die Probanden vorgegebene Serien aus Ziffern oder Wörtern. Diese werden mit zunehmendem Umfang dargeboten. Auf diese Weise wird die Kapazität der phonologischen Schleife erfasst und als Menge der Elemente ausgedrückt, die abgespeichert werden können.

Das visuell-räumliche Arbeitsgedächtnis wird ebenfalls mit verschiedenen Maßen überprüft. Während beispielsweise Matrixspannen die statische Komponente des visuell-räumlichen Notizblocks überprüfen, können Corsiblockaufgaben dynamische Anteile messen. Bei der Matrixspanne präsentiert der Testleiter eine Matrix aus, je nach Alter, drei mal drei oder vier mal vier Feldern, in der einzelne Felder schwarz eingefärbt sind. Aufgabe des Probanden ist es, die Anordnung der schwarzen Felder im Anschluss zu reproduzieren. Corsiblockaufgaben bestehen aus mehreren zufällig angeordneten Feldern, auf denen ein Symbol jeweils nacheinander kurz erscheint. Der Proband soll dann in der korrekten Reihenfolge angeben, welchen „Weg“ das Symbol genommen hat.

Zur Erfassung zentral-exekutiver Funktionen sind zusätzlich zur Speicherung auch die Umorganisation und Verarbeitung von Informationen notwendig. Daher haben sich Aufgaben bewährt, in denen vorgegebene Serien gemerkt und in umgekehrter Reihenfolge wiedergegeben werden müssen (Gathercole & Pickering, 2000). Als Gegenstand werden Ziffern, Farben oder Objekte genutzt (z.B. Seitz-Stein et al., 2012).

Zusätzlich kann mit Aufgaben, bei denen relevante von irrelevanten Reizen unterschieden werden müssen, die selektive Fokussierung überprüft werden. Dazu zählen so genannte Go/No-Go-Aufgaben (visuell) und Stroopaufgaben (visuell und auditiv; Seitz-Stein et al., 2012). Der Proband muss bei den Stimuli lediglich einzelne Aspekte beachten, obwohl ergänzende und zum Teil interferierende Informationen gegeben werden. Zum Beispiel soll der Proband in der Stroopaufgabe der AGTB 5-12 entscheiden, ob ein Mann oder eine Frau auf einem Bild dargestellt ist, auch wenn widersprüchliche auditive Informationen gegeben werden (Seitz-Stein et al., 2012).

Für die Diagnostik wie auch für die Bestätigung und Weiterentwicklung des theoretischen Modells ist es hilfreich zu wissen, wie die einzelnen Komponenten des Arbeitsgedächtnisses

zusammenhängen. Schuchardt (2008) berichtet signifikante Korrelationen zwischen den Maßen für die einzelnen Arbeitsgedächtniskomponenten, welche von  $r = .23$  bis  $.60$  ( $p < .01$ ) streuen, wobei Aufgaben zum visuell-räumlichen Notizblock tendenziell geringere Zusammenhänge mit Aufgaben zum phonologischen Arbeitsgedächtnis und zur zentralen Exekutive aufweisen. Insbesondere die Corsiblockaufgabe fällt aus diesem Bild heraus, da sie ausschließlich mit der Matrixaufgabe signifikant korreliert ( $r = .49$ ,  $p < .01$ ), welche ebenfalls ein Maß des visuell-räumlichen Arbeitsgedächtnisses darstellt. Schuchardt (2008) interpretiert diese Daten mit Hilfe einer konfirmatorischen Faktorenanalyse als Evidenz für die Abgrenzbarkeit der einzelnen Arbeitsgedächtniskomponenten.

Gathercole und Pickering (2000) geben für ihre Stichprobe von 87 Kindern im Alter von sechs bis sieben Jahren insgesamt größere Unterschiede zwischen den einzelnen Maßen an. Sie haben die Arbeitsgedächtnisleistungen mit 13 Subtests erhoben. Die Interkorrelationen der verschiedenen Tests zu den einzelnen Komponenten des Arbeitsgedächtnisses fallen sehr heterogen aus (phonologische Schleife  $r = .13 - .49$ ; visuell-räumliches Arbeitsgedächtnis  $r = -.06 - .36$ ; zentrale Exekutive  $r = .34 - .45$ ). Für die Maße der zentralen Exekutive und der phonologischen Schleife sind insgesamt deutlichere Zusammenhänge festzustellen als für die des visuell-räumlichen Arbeitsgedächtnisses. In einer Faktorenanalyse zeigen sich zunächst wie bei Schuchardt (2008) drei Faktoren. Allerdings bestätigen diese nicht klar die drei theoretisch angenommenen Komponenten, da die visuell-räumlichen Aufgaben nicht auf einen gemeinsamen Faktor laden, sondern sich mit den Tests der zentral-exekutiven Funktionen mischen. Die Unterschiede zwischen den berichteten Korrelationen in den beiden Studien können natürlich auf den unterschiedlichen Maßen beruhen, die zum Einsatz kamen. Daran zeigt sich ein grundlegendes Problem der Arbeitsgedächtnisdiagnostik und der Forschung in diesem Bereich, denn einige Studien liefern Befunde, die theoretisch angenommene Zusammenhänge stützen, in anderen werden diese jedoch nicht deutlich. Daher sind bei der Bewertung von Effekten und dem Vergleich von Studien das genaue Design und die eingesetzten Verfahren zu berücksichtigen.

#### 2.2.4 Bedeutung des Arbeitsgedächtnisses für Lernprozesse

Das Arbeitsgedächtnis hat als Zwischenspeicher eine große Bedeutung für die Informationsverarbeitung, so dass gute Arbeitsgedächtnisleistungen als wichtige Ressource für erfolgreiches Lernen betrachtet werden können (Kyllonen, 2006). Defizite im Arbeitsgedächtnis wiederum spielen eine Rolle bei der Entstehung von Lernstörungen (Alloway, 2006; Alloway, 2009; Alloway & Gathercole, 2006; Hasselhorn, Mähler, Grube, Büttner & Gold, 2010; Pickering, 2006; Schuchardt, 2008). Alloway und Alloway (2010)

zeigten in einer Längsschnittstudie mit 98 Kindern, dass die Arbeitsgedächtnisleistungen von Fünfjährigen ihre späteren Schulleistungen besser vorhersagen als die Intelligenz und dass die Arbeitsgedächtnisleistungen damit zu den bedeutendsten Prädiktoren schulischer Leistungen gehören. Mit einem ähnlichen Vorgehen bestätigte Alloway (2009) bereits zuvor, dass das Arbeitsgedächtnis und bereichsspezifisches Vorwissen bei Schülern mit Lernschwächen ( $N = 38$ ) eine höhere prädiktive Kraft haben als die Intelligenz.

Aus der Situation, dass bei Defiziten im Arbeitsgedächtnis in sehr kurzer Zeit nur eine geringe Menge an Informationen verarbeitet werden kann, ergeben sich ungünstige Voraussetzungen, welche sich in Einschränkungen im Lernen zeigen (Kirschner, Sweller & Clark, 2006).

Wenn man bereichsspezifische Speichermodule unterstellt, liegt es nahe anzunehmen, dass sich Defizite auch spezifisch in Leistungen in den einzelnen Bereichen auswirken. Daher gibt es einerseits eine Reihe von Studien, welche im Sinne des *dual task*-Paradigmas grundsätzlich die Beteiligung von Arbeitsgedächtniskomponenten an Lernprozessen untersuchen und andererseits Studien, welche überprüfen, wie sich Defizite in der Arbeitsgedächtniskapazität einzelner Komponenten auf den Lernerfolg in spezifischen Lernanforderungen auswirken. Im Folgenden werden Befunde dargestellt, welche dazu beitragen, den Einfluss des Arbeitsgedächtnisses auf Erwerb und Anwendung der zentralen Kulturtechniken Lesen, Rechtschreiben und Rechnen aufzuklären. Effektstärken werden berichtet, sofern sie in den Originalarbeiten angegeben sind.

Schuchardt, Kunze, Grube und Hasselhorn (2006) fanden in ihrer Untersuchung mit 69 Drittklässlern Hinweise auf eine große Bedeutung der phonologischen Schleife sowohl für Rechenleistungen als auch für schriftsprachliche Fähigkeiten. Die zentralen exekutiven Funktionen haben den dargelegten Befunden zufolge ausschließlich Einfluss auf die schriftsprachlichen Leistungen.

Sinner, Hartung, Pepouna und Ennemoser (2011) konnten bestätigen, dass die zentrale Exekutive schon für die Entwicklung der phonologischen Bewusstheit bedeutsam ist ( $N = 107$ ). Zudem fanden sie Hinweise darauf, dass mit Hilfe eines inhaltspezifischen Trainings die Nachteile der Kinder mit Schwächen in der zentralen Exekutive ausgeglichen werden können. Dies passt zu der Annahme, ein großes Maß an inhaltspezifischem Wissen könne Lernprozesse bei Kindern mit schwachen Arbeitsgedächtnisressourcen entlasten, wie beispielsweise Swanson, Zheng und Jerman (2009) vermuten.

Swanson (1999) fand bei Kindern mit Leseschwierigkeiten ( $N = 54$ ) ebenfalls Defizite in der phonologischen Schleife sowie der zentralen Exekutive. Einschränkungen im phonologischen Arbeitsgedächtnis stellten Grosche und Grünke (2011) auch noch bei erwachsenen funktionalen

Analphabeten ( $N = 54$ ) sowohl im Vergleich zu gleichaltrigen guten Lesern ( $d = 2.25$ ) als auch zu Grundschulern auf dem gleichen Leseniveau ( $d = 0.61$ ) fest. Dies lässt auf langfristige Konsequenzen schwacher Arbeitsgedächtnisleistungen schließen.

Nach den Befunden von Kibby, Marks, Morgan und Long (2004) liegen bei Kindern mit einer Lesestörung ausschließlich Defizite in der phonologischen Schleife, nicht aber in der zentralen Exekutive und dem visuell-räumlichen Notizblock vor. Diese Ergebnisse leiten sich aus einem Vergleich zwischen auffälligen Kindern ( $n = 20$ ) und einer Kontrollgruppe ( $n = 20$ ) ab.

Hasselhorn, Schuchardt und Mähler (2010) fanden unterstützende Befunde für dieses Ergebnis, unternahmen aber zusätzlich den Versuch, spezifische phonologische Arbeitsgedächtnisdefizite bei Kindern mit Lese- und / oder Rechtschreibstörung zu identifizieren. Erwartungsgemäß stellten sie bei Kindern mit isolierter Lesestörung ( $n = 24$ ) und solchen mit einer Lese-Rechtschreibstörung ( $n = 30$ ) Defizite in der Speicherkapazität der phonologischen Schleife fest. Schüler, die eine isolierte Rechtschreibstörung ( $n = 14$ ) aufwiesen, zeigten den Ergebnissen zufolge jedoch keine Nachteile in den eingesetzten Spannaufgaben. Die Autoren schließen daher eine qualitative Funktionsbeeinträchtigung nicht aus, was bedeuten würde, dass Lesestörungen ein anderes Defizit im Arbeitsgedächtnis zugrunde liegt als Rechtschreibstörungen.

Wang und Gathercole (2013) fanden in einer aktuellen Studie mit insgesamt 91 Schülern Hinweise darauf, dass Schwächen in der Lesefähigkeit auf Defiziten in mehreren Komponenten des Arbeitsgedächtnisses beruhen. Kinder mit Leseschwächen haben den Ergebnissen zufolge im Vergleich zu normal lesenden Kindern deutliche Rückstände im verbalen ( $d = 0.71$ ) und visuell-räumlichen ( $d = 0.60$ ) Arbeitsgedächtnis und insbesondere in der Koordination mehrerer Parallelaufgaben ( $d = 0.63$ ), was die Autoren auf eine schwache zentrale Exekutive zurückführen.

In einer Metaanalyse über 88 Studien, die zwischen 1976 und 2005 in psychologischen Fachzeitschriften veröffentlicht wurden, isolierten Swanson, Zheng und Jerman (2009) bei Kindern mit Lesestörungen Defizite sowohl in der phonologischen Speicherkomponente des Arbeitsgedächtnisses als auch in Funktionen der zentralen Exekutive.

Grube und Barth (2004) wiesen bei einer Stichprobe von 48 Viertklässlern einen bedeutsamen Einfluss der zentralen Exekutive auf die Leistung in einfachen schriftlichen Additions- und Subtraktionsaufgaben im Zahlenraum bis 20 (Nutzung basalen Faktenwissens) wie auch in anspruchsvolleren arithmetischen Aufgaben nach.

Passolunghi und Siegel (2004) überprüften in einer Studie mit 49 rechenschwachen Fünftklässlern, ob bei schwachen Rechenleistungen inhaltsspezifische Defizite im



Arbeitsgedächtnis vorliegen oder ob vielmehr eine globale Arbeitsgedächtnisschwäche auszumachen ist. Sie konnten zeigen, dass die zentrale Exekutive bedeutenden Anteil an den Leistungen der schwachen Rechner hat, während in den inhaltspezifischen Speicheraufgaben der phonologischen Schleife sowohl für numerische als auch für verbale Informationen kaum Unterschiede zu durchschnittlichen Schülern bestehen. Daraus folgern sie, dass die Speicherfunktion zur Verfügung steht, aber durch Defizite in der zentralen Exekutive nicht effizient genutzt wird.

Im Kontext der Arbeitsgedächtnisforschung werden häufig komplexe Aufgaben und deren Anforderungen an die einzelnen Arbeitsgedächtniskomponenten untersucht. De Rammelaere, de Stijn, Struyven und Vandierendonck (1999) zeigten zudem, dass die Arbeitsgedächtniskapazität auch bereits bei einfachen arithmetischen Aufgaben auf Grundschulniveau eine Rolle spielt. Da sie mit Studenten arbeiteten, überprüften sie mit diesen einfachen Aufgaben in erster Linie den schnellen Faktenabruf. Ausschlaggebend ist also der Automatisierungsgrad, mit dem die Studenten die Ergebnisse einfacher Rechenaufgaben generieren. Sie setzten fertig gelöste Aufgaben ein, deren Ergebnis die Probanden als korrekt oder fehlerhaft einordnen mussten und ergänzten Sekundäraufgaben im Sinne des *dual task*-Paradigmas. Den Ergebnissen zufolge macht die zentrale Exekutive einen entscheidenden Unterschied in der Geschwindigkeit beim Beurteilen korrekter wie auch falscher Aufgaben aus, während die phonologische Schleife ausschließlich zum Tragen kommt, wenn die Probanden inkorrekte Aufgaben bewerten.

Seitz und Schumann-Hengsteler (2000) untersuchten auf ähnliche Art und Weise, welche Arbeitsgedächtnisbelastung bei einfachen und komplexen Kopfrechenaufgaben zur Multiplikation besteht. Sie arbeiteten ebenfalls mit Studenten, unterschieden jedoch zwischen einfachen und komplexen Aufgaben, um den schnellen Faktenabruf von solchen Aufgaben abzugrenzen, die tatsächlich eine mentale Operation erfordern. Zudem ließen sie die Probanden selbst die Ergebnisse ermitteln statt lediglich eine Einschätzung abgeben zu lassen. Die Autoren fanden keine spezifischen Effekte der einzelnen Subsysteme, wenn die Probanden einfache Aufgaben bearbeiteten und begründen dies damit, dass die Aufgaben so gut automatisiert sind, dass lediglich der Abruf von Fakten aus dem Langzeitgedächtnis gefordert ist und keine Operation. Bei komplexen Aufgaben hingegen nutzten die Testpersonen verstärkt die phonologische Schleife, nicht aber den visuell-räumlichen Notizblock. Sowohl bei einfachen als auch bei komplexen Aufgaben wurde die Leistung durch eine zusätzliche Belastung der zentralen Exekutive mit Hilfe einer Sekundäraufgabe beeinträchtigt. Daraus folgern die Autoren, dass die zentrale Exekutive sowohl beim Abruf von Fakten aus dem

Langzeitgedächtnis beteiligt ist als auch bei mentalen Operationen, wohingegen die phonologische Schleife in erster Linie dafür zuständig ist, Zwischenergebnisse zu speichern. Hasselhorn und Grube (2003) erläutern in ihrem Überblick, dass sie bei lernbehinderten Kindern von einem qualitativen Defizit der phonologischen Schleife ausgehen. Dies begründen sie mit dem Fehlen des sogenannten Wortlängeneffekts. Dieser tritt bei normal entwickelten Kindern etwa im sechsten Lebensjahr auf und weist auf eine effizientere Nutzung der phonologischen Schleife hin. Er wird in der Regel darin deutlich, dass mehr kurze als lange Wörter gespeichert werden können. Die Autoren konnten bei lernbehinderten Schülern im Grundschulalter keinen sogenannten Wortlängeneffekt feststellen, wohingegen Mähler und Hasselhorn (2002) diesen bei erwachsenen Lernbehinderten fanden. Daraus leiten sie ab, dass Schüler mit einer derart beeinträchtigten Funktion des phonologischen Arbeitsgedächtnisses grundlegend eingeschränkte Voraussetzungen für die Entwicklung effizienter Informationsverarbeitung mitbringen, was sich in der Folge auf den Wissenserwerb auswirkt. Aus den dargestellten Arbeiten zum Zusammenhang zwischen Arbeitsgedächtnis und Lernleistungen lässt sich abzuleiten, dass zwar Befunde dafür vorliegen, dass das Arbeitsgedächtnis Einfluss auf die Lernentwicklung hat und eine wichtige Ressource darstellt, doch bisher sind die Angaben zur spezifischen Wirkung einzelner Komponenten auf unterschiedliche Leistungsbereiche noch uneinheitlich. Gemeinsame Erkenntnis zahlreicher Studien scheint zumindest zu sein, dass die zentrale Exekutive als Steuerelement unabhängig von Lerninhalten bei schwachen Lernern beeinträchtigt ist. Zudem wird deutlich, dass Studien zur Rechtschreibleistung und beteiligten Arbeitsgedächtnisressourcen vergleichsweise wenig vertreten sind (z.B. in Übersichten wie Schuhmann-Hengsteler et al., 2010; Swanson, Zheng & Jerman, 2009), so dass noch erheblicher Forschungsbedarf besteht.

Widersprüchliche Aussagen sind in einigen Fällen sicherlich auf individuelle Stichprobenmerkmale, variierende Fragestellungen und vor allem auf abweichende Testinstrumente zurückzuführen, so dass noch weitere systematische Forschung erfolgen muss. Grundsätzlich kann jedoch festgehalten werden, dass die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses begrenzt ist und insbesondere bei lernschwachen Schülern eine stark limitierte Ressource darstellt (Miller, 1956; Baddeley, 1986; Cowan, 2001). Aufgrund der großen Bedeutung des Arbeitsgedächtnisses für erfolgreiches Lernen liegt es nahe, eine Förderung im Sinne einer Steigerung der Kapazität anzustreben. In der Literatur wird jedoch überwiegend davon ausgegangen, dass dies nicht in ausreichendem Maße zu bewerkstelligen ist (Mähler & Hasselhorn, 2001). Doch auch davon abweichende Auffassungen sind vertreten. So fand Schuchardt (2008) für die Gruppe der Kinder mit Lernbeeinträchtigungen Hinweise auf eine

funktionelle, nicht aber strukturelle Einschränkung. Danach ist grundsätzlich davon auszugehen, dass äquivalente Strukturen wie bei nicht beeinträchtigten Kindern vorliegen, diese aber nicht effizient genutzt werden können. Daraus leitet die Autorin ab, dass das Defizit durch Trainings ausgeglichen werden kann. Bisher liegen hierfür allerdings keine überzeugenden Belege vor. Nach aktueller Befundlage ist demnach eher nicht davon auszugehen, dass Schwächen im Arbeitsgedächtnis durch Trainingsmaßnahmen aufgeholt werden können und darüber indirekt eine Leistungssteigerung in anderen Lernbereichen zu erwarten ist.

Auch wenn die grundlegenden Defizite in der Informationsverarbeitung möglicherweise nicht direkt behoben werden können, gibt es Befunde, die darauf hinweisen, dass man Arbeitsgedächtnisdefizite durch eine gute Vorwissensbasis kompensieren beziehungsweise hierdurch die Anforderungen an das Arbeitsgedächtnis reduzieren kann. Inhaltsspezifische Maßnahmen können somit helfen, Einschränkungen zu kompensieren, die durch Arbeitsgedächtnisdefizite bedingt sind. Darüber hinaus aber bietet das Wissen über Einfluss und Funktion des Arbeitsgedächtnisses die Möglichkeit, Maßnahmen zur Lernförderung zu optimieren, indem die begrenzten Ressourcen bei der Gestaltung beachtet werden (Krajewski & Ennemoser, 2010). In diesem Zusammenhang ist insbesondere zu berücksichtigen, dass die Aufgabengestaltung unnötige Anforderungen an das Arbeitsgedächtnis stellen und somit lernhinderlich sein kann. Diesen negativen Effekt kann man bei der Konstruktion von Aufgaben gezielt beachten und vermeiden. Daher ist es von zentraler Bedeutung, die Arbeitsgedächtnisvoraussetzungen der Lernenden zu berücksichtigen, wenn man Lern- und Übungsmaterialien erstellt. Gutes Instruktionsdesign (Aufgabenstellung, Visualisierungen etc.) muss auch geringen Arbeitsgedächtnisressourcen gerecht werden, um für eine erfolgreiche Förderung nutzbar zu sein (Kapitel 2.7).

### **2.2.5 Zusammenfassung: Arbeitsgedächtnis**

Das Arbeitsgedächtnis hat sich in zahlreichen Studien als wichtige Ressource für Lernprozesse erwiesen. Nach Baddeleys Modell stehen mit visuell-räumlichem Notizblock und phonologischer Schleife zwei bereichsspezifische Speicher zur Verfügung, während die zentrale Exekutive die aktive Verarbeitung der Informationen und die Steuerung der Speicher übernimmt. Sowohl die Speicherkomponenten als auch die zentrale Exekutive übernehmen wichtige Funktionen in der Informationsverarbeitung. Die Befundlage zur spezifischen Wirkung einzelner Komponenten auf inhaltlich nahe Lernbereiche ist noch relativ heterogen. Dies mag zu einem guten Teil darin begründet sein, dass in den verschiedenen Studien häufig unterschiedliche Verfahren zur Erhebung der Arbeitsgedächtniskapazität und der

Schulleistungen genutzt werden. Insgesamt ist die phonologische Schleife bereits besser erforscht als der visuell-räumliche Notizblock. Einzig die Befunde zur zentralen Exekutive sind auch studienübergreifend stabil, da sie offenbar unabhängig von Lerninhalten entscheidend zum Lernerfolg beiträgt. Die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses ist grundsätzlich begrenzt und insbesondere bei schwachen Schülern treten Defizite im Arbeitsgedächtnis auf, welche in der Folge zu ihren schwachen Leistungen beitragen. Daher sind der Umfang der zur Verfügung stehenden Arbeitsgedächtnisressourcen sowie deren optimale Nutzung als bedeutsam für erfolgreiches Lernen einzustufen. Nicht zuletzt lässt sich daraus ableiten, dass eine unnötige Belastung des Arbeitsgedächtnisses beim Lernen gezielt vermieden werden kann (Kapitel 2.7).

### 2.3 Aufmerksamkeit

Die Aufmerksamkeitsleistung ist eine wichtige Ressource für die Informationsverarbeitung (Pressley, Borkowski & Schneider, 1989), die allerdings, ebenso wie das Arbeitsgedächtnis, limitiert ist. Wie in Kapitel 2.1.2 erläutert werden nur die Informationen verarbeitet, die im Fokus der Aufmerksamkeit liegen, so dass die Aufmerksamkeitsleistungen entscheidenden Anteil an erfolgreichem Lernen haben. Sturm (2005) schreibt der Aufmerksamkeit sogar den Status einer *Basisfunktion* zu, welche für alle nicht stark routinierten kognitiven und praktischen Tätigkeiten benötigt wird. Inzwischen existieren mehrere Theorien und Modelle zur Funktion und Struktur von Aufmerksamkeit (für einen Überblick Neumann & Sanders, 1996). Aktuelle Modelle haben gemeinsam, dass sie Aufmerksamkeit in Intensitäts- und Selektivitätsaspekte einteilen und eine begrenzte Kapazität annehmen (Niemann & Gauggel, 2010; Sturm 2005).

Um eine Aufgabe erfolgreich zu bewältigen, müssen Schüler in der Lage sein, relevante von irrelevanten Reizen zu unterscheiden und ihre Aufmerksamkeit auf die wichtigen Aspekte zu lenken, ohne sich von unwichtigen ablenken zu lassen. Dies beschreibt die Anforderungen der selektiven Aufmerksamkeit (Döpfner, 2002). Die Intensität dagegen zeigt sich in einer guten Daueraufmerksamkeit, das heißt Schüler müssen sich über einen gewissen Zeitraum auf eine Aufgabe fokussieren können (Döpfner, 2002). Defizite in einer dieser beiden Funktionen können zu erheblichen Einschränkungen beim Lernen führen. Döpfner (2002) nennt auch im Zusammenhang mit hyperkinetischen Störungen Defizite in der Daueraufmerksamkeit und der selektiven Aufmerksamkeit als entscheidende Faktoren.

Nur jene Informationen, auf die die Aufmerksamkeit gelenkt wird, können überhaupt ins Arbeitsgedächtnis gelangen (Hasselhorn & Gold, 2009). Die Aufmerksamkeit erfüllt demnach eine Filterfunktion, was Broadbent (1958) im Rahmen seiner Filtertheorie der Aufmerksamkeit beschreibt. Nach der Theorie findet bereits sehr früh in der Informationsverarbeitung eine

Vorauswahl der relevanten Informationen statt. Zudem kann nur eine begrenzte Menge an Informationen weitergegeben werden. Die Aufmerksamkeit fungiert demzufolge als Flaschenhals, der nur einen Teil aller verfügbaren Informationen zur weiteren Verarbeitung passieren lässt. In diesem Zusammenhang ist das Konzept der selektiven Aufmerksamkeit von zentraler Bedeutung. Neisser (1976) stellt dies in seiner Theorie in zwei Prozessen dar, welche die erfolgreiche Bewältigung von Lernanforderungen beeinflussen. Zunächst werden Informationen im Rahmen von Diskriminationsprozessen in relevante und nicht relevante Informationen unterteilt. Anschließend werden den relevanten Informationen Aufmerksamkeitsressourcen zugewiesen.

Eine schwache Fähigkeit, die Aufmerksamkeit zu fokussieren und somit relevante aus einer Vielzahl weiterer Reize auszuwählen, kann in begrenztem Maße, beispielsweise durch die Vermittlung von Strategien und starke Strukturierung von Aufgaben, ausgeglichen werden (z.B. Lauth & Schlotke, 2009). Um Aufmerksamkeitsdefiziten zu begegnen, kann es zudem erforderlich sein, die vorliegenden Informationen auf das Wesentliche zu reduzieren, damit relevante Reize leichter fokussiert werden können. Außerdem können Informationen schneller verarbeitet werden, wenn der Lerner auf gutes Vorwissen und stark automatisierte Prozesse zurückgreifen kann. Dies spricht dafür, im Unterricht intensive Übungsphasen einzubauen und dabei die lernerseitigen Ressourcen zur Informationsverarbeitung, wie zum Beispiel die Aufmerksamkeits- und Arbeitsgedächtniskapazität, zu berücksichtigen.

Da Defizite in den genannten Bereichen schwerwiegende Folgen für die Lernentwicklung haben können und somit für die vorliegende Arbeit relevant sind, folgt ein kurzer Abschnitt zu Störungen der Aufmerksamkeit, die im Schulalter auftreten. Daran schließt sich eine Übersicht über die Bedeutung der Aufmerksamkeit für Lernprozesse an. Auf diese Weise wird ersichtlich, welche Relevanz die Aufmerksamkeit als Ressource hat und welche Einschränkungen aus defizitären Aufmerksamkeitsleistungen folgen.

### **2.3.1 Störungen der Aufmerksamkeit**

Das Aufmerksamkeits-Defizit-Syndrom (ADS) mit und ohne Hyperaktivität gehört mit einer Prävalenz von etwa 2 bis 7 % (Schlack, Holling, Kurth & Huss, 2007) zu den häufigsten Störungen der Aufmerksamkeit im Grundschulalter und schlägt sich in den zentralen Symptomen Aufmerksamkeitschwäche, Impulsivität und (im Falle von ADHS) Hyperaktivität nieder (Döpfner, Banaschewski & Sonuga-Barke, 2008; DSM IV und ICD-10).

Eine schwache Aufmerksamkeit zeigt sich häufig darin, dass es Kindern schwerfällt, sich über einen längeren Zeitraum mit einer Tätigkeit zu befassen, genau zu arbeiten, Aufgaben selbst zu organisieren und sich nicht ablenken zu lassen (Lauth & Schlotke, 2009).

Impulsivität bezeichnet eine eingeschränkte Fähigkeit, Bedürfnisse aufzuschieben, so dass Kinder häufig Impulsen direkt nachgeben, ohne vorher darüber nachzudenken (Döpfner, 2002). Hyperaktives Verhalten ist von hoher motorischer und kaum kontrollierter Aktivität gekennzeichnet, welche vor allem in stark strukturierten Situationen auffällt, wie zum Beispiel im schulischen Unterricht (Döpfner, 2002).

Es gibt einige Belege dafür, dass Defizite in den Aufmerksamkeitsleistungen häufig mit Lernstörungen einhergehen (z.B. Faraone et al., 1993). Biedermann (2005) berichtet, dass etwa 10 bis 25 % der Kinder mit ADHS zusätzlich von Lernstörungen betroffen sind. Allerdings ist die Befundlage bisher nicht eindeutig, da die Richtung der Beeinflussung nicht klar belegt ist. Aufmerksamkeitsdefizite könnten Lernstörungen hervorrufen, der Wirkmechanismus könnte aber auch umgekehrt sein beziehungsweise besteht die Möglichkeit, dass beiden Störungen eine gemeinsame Ursache zugrunde liegt (Cantwell & Baker, 1991; McGrath et al., 2011).

Willcutt, Doyle, Nigg, Faraone und Pennington (2005) haben eine Metaanalyse über 83 Studien erstellt, in der sie signifikante Unterschiede in den exekutiven Funktionen zwischen Kindern mit ( $n = 3734$ ) und ohne ( $n = 3969$ ) ADHS fanden. Diese liegen mit Effektstärken von  $d = 0.46$  bis  $0.69$  im mittleren Bereich und sind den Ergebnissen zufolge nicht alleine durch andere Merkmale, wie Intelligenz, Lernschwächen oder komorbide Störungen, zu erklären. Ob diese Defizite ADHS begründen oder ADHS und Schwächen im Arbeitsgedächtnis eine gemeinsame Ursache haben, ist damit noch nicht endgültig geklärt. Allerdings verdeutlichen die Ergebnisse, dass Kinder mit ADHS Schwächen in lernrelevanten Ressourcen aufweisen. Dies könnte eine Erklärung dafür sein, dass unter Kindern mit Aufmerksamkeitsstörungen ein erhöhter Anteil zusätzlich Lernschwierigkeiten zeigt (Cantwell & Baker, 1991; Döpfner, 2002; Lauth & Schlottke, 2009). Klar ist demnach, dass bei Schwächen der Aufmerksamkeitsleistung ein besonderes Risiko für Einschränkungen beim Lernen besteht. Daher wird im folgenden Abschnitt die Rolle der Aufmerksamkeit für erfolgreiche Lernprozesse dargestellt.

### 2.3.2 Bedeutung der Aufmerksamkeit für Lernprozesse

In der aktuellen Literatur finden sich immer wieder Hinweise darauf, dass Aufmerksamkeitsdefizite mit Problemen in schulischen Leistungen zusammenhängen (z.B. Berg & Imhof, 2006; Walther & Ellinger, 2008). Dies ist nachvollziehbar, wenn man die Anforderungen von Lernaufgaben genauer betrachtet. Sowohl im mathematischen Bereich als auch beim Lesen und Rechtschreiben besteht eine zentrale Herausforderung darin, aus der Menge der dargebotenen Informationen (Grapheme, Silben, Wörter, Texte, Illustrationen, Zahlen, Rechenzeichen etc.) die für die Aufgabenstellung relevanten auszuwählen, um damit zu operieren (z.B. Warnke & Roth, 2000). Zudem verlangen zahlreiche Aufgaben, die

Aufmerksamkeit schnell und flexibel zu steuern und somit auf die jeweils aktuell relevanten Aspekte der Lernumgebung zu fokussieren (Hanania & Smith, 2010).

Auch die Fähigkeit, über einen bestimmten Zeitraum, konzentriert zu arbeiten (Daueraufmerksamkeit), ist von großer Bedeutung für erfolgreiches Lernen. Lauth und Mackowiak (2004) verglichen daher das Unterrichtsverhalten von Grundschulern mit ( $n = 55$ ) und ohne ( $n = 55$ ) ADHS. Mit Hilfe des Münchener Aufmerksamkeitsinventars (MAI; Helmke & Renkl, 1992) wurde dokumentiert, wie groß der Anteil des sogenannten on task-Verhaltens war, welches die Bearbeitung der jeweiligen Aufgabe beschreibt und wie viel Zeit die Schüler mit anderen Dingen verbrachten, was als off task-Verhalten eingeordnet wird. Beide Kategorien werden in dem Inventar weiter differenziert in aktives und passives Verhalten. Passives on task-Verhalten zeigen Kinder, die ruhig an ihrer Aufgabe arbeiten, passiv off task sind diejenigen, die nicht an der Aufgabe arbeiten, aber auch nicht stören. Auffällige, störende Aktivitäten werden als off task aktiv bezeichnet und selbst- oder fremdinitiierte Aktivitäten als aktiv on task. Das zentrale Ergebnis der Untersuchung ist, dass Kinder mit Aufmerksamkeitsstörungen deutlich mehr auffälliges und störendes und weniger on task-Verhalten zeigten und somit lediglich einen geringen Teil der Unterrichtszeit als effektive Lernzeit nutzen konnten.

Inzwischen existiert eine Reihe empirischer Befunde, welche die Annahme stützen, dass Aufmerksamkeitsdefizite gehäuft zusammen mit schwachen Schulleistungen auftreten (z.B. Ruland, Willmes & Günther, 2012). In einer *Best Evidence Synthesis* mit 16 Studien zeigten Polderman, Boomsma, Bartels, Verhulst und Huizink (2010), dass ein Zusammenhang zwischen Aufmerksamkeit und Schulleistungen besteht und bestätigten damit Befunde, die bereits in vorangegangenen Einzelstudien berichtet wurden (z.B. Merrell & Tymms, 2001). Breslau et al. (2009) beispielsweise, deren Längsschnittstudie Teil der *Best Evidence Synthesis* ist, fanden Hinweise, dass Aufmerksamkeitsleistungen von Kindern im Alter von sechs Jahren deren Mathematik- und Leseleistungen noch elf Jahre später vorhersagen. Die Autoren führen als mögliche Erklärung für diesen weitreichenden Effekt an, dass die Schüler durch die schwachen Aufmerksamkeitsressourcen nur eingeschränkt Basisfertigkeiten erlernen konnten und daher nicht über ausreichende Grundlagen verfügen, um sich darauf aufbauende Fähigkeiten in gleichem Maße anzueignen wie aufmerksamkeitsstärkere Mitschüler. Damit wären Kinder, die Defizite in der Aufmerksamkeit aufweisen, in besonderer Weise benachteiligt, da bei ihnen zunehmend Lücken in der Wissensbasis entstehen. Dies erschwert in der Folge auch neue Lernprozesse, da die Kinder nicht auf das nötige Vorwissen (Kapitel 2.4) zurückgreifen können.

Steinmayr, Ziegler und Träuble (2010) zeigten darüber hinaus in ihrer Studie mit 231 Oberstufenschülern, dass die Aufmerksamkeit zusätzlich zur Intelligenz Varianz in den Schulleistungen aufklärt und dass sie darüber hinaus in einzelnen Bereichen den Einfluss der Intelligenz auf die Leistung moderiert. Bei geringer Aufmerksamkeitsleistung gelingt es Schülern demnach schlechter, ihre Intelligenz effektiv zu nutzen. Dies verdeutlicht, dass die Aufmerksamkeit als Filter den Zugriff auf weitere kognitive Ressourcen steuert.

Schulte-Körne, Remschmidt und Warnke (1991) fanden bei Kindern mit Lese- und Rechtschreibstörungen Defizite in der selektiven Aufmerksamkeit, während keine Beeinträchtigung der Daueraufmerksamkeit vorlag. Dies spricht dafür, dass für diese Schüler eine besondere Schwierigkeit darin besteht, aus den dargebotenen Informationen die relevanten zu isolieren, um diese zu verarbeiten, woraus sich zunehmend Lernrückstände entwickeln.

Die genannten Befunde weisen darauf hin, dass die Aufmerksamkeit Einfluss auf das Lernen hat. Wie dieser allerdings genau aussieht und welche Wirkmechanismen vorliegen, ist damit noch nicht geklärt. Inhaltlich sind die oben genannten Annahmen wichtig, um die Bedeutung der Aufmerksamkeit für Lernprozesse beschreiben und in Handlungsanweisungen für Lehrkräfte berücksichtigen zu können. Es ist demnach von zentraler Bedeutung, nicht nur zu beachten, welche inhaltlichen Anforderungen Aufgaben an die Lerner stellen, sondern auch zu analysieren, in welcher Weise die Aufmerksamkeitsressourcen beansprucht werden.

Speziell für das Lesen entwickelte Marx (1985) ein Modell, nach dem die Aufmerksamkeitsleistung eng mit guten Leseleistungen zusammenhängt. Nach seiner Theorie beherrschen schwache Leser unter Umständen durchaus Teilfähigkeiten des Lesens, wenden diese aber ineffizient an. Marx führt dies auf inadäquate Strategien der Informationsverarbeitung zurück und schreibt dabei dem Aufmerksamkeitsverhalten eine besondere Rolle zu. Dies gilt seinem Modell zufolge sowohl für den Erwerb von Lesefähigkeiten als auch für den Vorgang des Lesens, da Lerner in beiden Fällen darauf angewiesen sind, ihre Aufmerksamkeit auf relevante Aspekte zu fokussieren und damit Informationsverarbeitungsprozesse zu entlasten.

Bereits 1974 argumentierten LaBerge und Samuels im Sinne der später entwickelten Cognitive Load Theory (Kapitel 2.7) und legten dar, dass kognitive Prozesse durch Automatisierung entlastet werden können, so dass Kapazität für tiefere Verarbeitungsprozesse frei wird. Dieses Prinzip erläuterten sie am Beispiel des Lesens. Teilprozesse auf hierarchieniedriger Ebene (Rekodieren, Dekodieren), die automatisiert sind und somit keine Aufmerksamkeitsressourcen benötigen, entlasten die Aneignung hierarchiehöherer Prozesse (Leseverständnis auf Satz- und Textebene). So kann beispielsweise ein Leser, der nicht jedes Wort Graphem für Graphem



mühsam rekodieren muss, sondern sublexikalische Einheiten oder ganze Wörter direkt erkennen kann, mit deutlich geringerem kognitiven Aufwand Wörter, Sätze und Texte erlesen und Ressourcen für die Sinnentnahme nutzen.

Diese Auffassung einer aufmerksamkeitskontrollierten Verarbeitung passt sich gut in die heute angenommenen Verarbeitungsprozesse ein, an denen Aufmerksamkeit und Arbeitsgedächtnis in hohem Maße beteiligt sind (Kapitel 2.1.2, 2.2). Damit gelten die Schlüsse aus Marx' Untersuchungen und die Annahmen LaBerges und Samuels womöglich nicht nur für das Lesen, sondern ebenso für Lernprozesse anderer Inhalte, wie die Kulturtechniken Rechnen und Rechtschreiben. Umso wichtiger werden somit Erkenntnisse zu spezifischen Wirkmechanismen und den Beiträgen der einzelnen Ressourcen zu erfolgreichem Lernen.

In Trainings und in der Literatur zu Fördermaßnahmen für Kinder mit Aufmerksamkeitsproblemen finden sich zahlreiche Hinweise darauf, wie Material und Lernumgebungen zu gestalten sind, damit die Kinder darin unterstützt werden können, ihre Aufmerksamkeit auf die relevanten Inhalte zu lenken. Dazu gehören neben der gut strukturierten Gestaltung des Raumes und des Arbeitsplatzes auch der klare Aufbau von Lernmaterialien sowie die eindeutige Formulierung von Arbeitsaufträgen (Born & Oehler, 2009a; Born & Oehler, 2009b; Naumann & Lauth, 2008).

### **2.3.3 Zusammenfassung: Aufmerksamkeit**

Die Aufmerksamkeit hat eine wichtige Rolle in der Informationsverarbeitung inne. Sie ist als Filter der weiteren Verarbeitung vorgeschaltet und regelt somit, welche Informationen und Reize ins Arbeitsgedächtnis gelangen. Empirische Befunde zeigen, dass Aufmerksamkeitsdefizite nicht selten mit schwachen Leistungen einhergehen. Theoretische, aus den Lernanforderungen abgeleitete Überlegungen liefern zudem nachvollziehbare Erklärungen für diesen Zusammenhang, da insbesondere das Erlernen und auch die Anwendung der Kulturtechniken immer wieder die klare Fokussierung auf Teilaspekte erfordern. Bei schwacher Aufmerksamkeit besteht somit die Gefahr, dass frühe Lücken im Aufbau der Wissensbasis dazu führen, dass ungünstige Voraussetzungen zu wachsenden Lernrückständen führen und sich schließlich in Lernstörungen manifestieren. Kinder mit Aufmerksamkeitsstörungen, wie AD(H)S, sind daher einem besonderen Risiko ausgesetzt. Der Literatur ist zu entnehmen, dass den geschilderten Problemen durch starke Strukturierung, Klarheit und Automatisierung von Teilprozessen zu begegnen ist.

## 2.4 Vorwissen

Neue Informationen werden zunächst im Arbeitsgedächtnis gespeichert, verarbeitet und an das Langzeitgedächtnis weitergegeben. Dort werden sie in das bereits vorhandene Wissen eingefügt, was einfacher und schneller gelingt, wenn eine reiche und gut organisierte Wissensbasis zur Verfügung steht (Krajewski & Ennemoser, 2010). Zum einen gibt es in diesem Fall bessere Anknüpfungspunkte, zum anderen müssen weniger Informationen tatsächlich von Grund auf neu erlernt werden. Daher ist davon auszugehen, dass bereichsspezifisches Vorwissen Lernprozesse deutlich erleichtern und damit kognitive Ressourcen entlasten kann. Inzwischen liegen auch zahlreiche, vor allem längsschnittliche Befunde vor, die dem Vorwissen einen großen Einfluss auf schulische Leistungen bescheinigen (Alloway, 2009; Grube, 2005; Grube & Hasselhorn, 2006; von Aster, Schweiter & Weinhold Zulauf, 2007). Für mathematische Basiskompetenzen (Krajewski, 2003; Krajewski & Schneider, 2006) wie auch für Vorläuferkompetenzen der Schriftsprache (Ennemoser, Marx, Weber & Schneider, 2012; Schneider & Näslund, 1993) ist dieser Zusammenhang bereits gut belegt. Das Vorwissen hat den Ergebnissen zufolge die größte Vorhersagekraft für schulische Leistungen. In entsprechenden Studien erweisen sich inhaltspezifisches Vorwissen und Vorläuferkompetenzen sogar als bessere Prädiktoren für spätere Leistungen als allgemeine kognitive Variablen, wie Intelligenz und Arbeitsgedächtnis, und erstreicht überbieten sie den Einfluss motivationaler und selbstkonzeptbezogener Bedingungen (Artelt, Schiefele, Schneider & Stanat, 2002). In Studien zur Rolle der Expertise zeigt sich, dass die Intelligenz durchaus maßgeblich am Erwerb von Wissen und Kompetenzen beteiligt ist, dass aber, zumindest leichte, Defizite durch spezifisches Vorwissen kompensiert werden können (Schneider, 1993).

Umgekehrt gehört ein Mangel an Wissen zu den Kerndefiziten lernschwacher Schüler (Lauth & Grünke, 2005). Grünke (2006) stellt dar, dass Kinder mit Lernstörungen vor allem Schwächen in metakognitiven Strategien, Lern- und Gedächtnisstrategien, Motivation und Konzentration sowie bereichsspezifischen Wissen haben, was es ihnen erschwert kognitive Potentiale effizient zu nutzen. Die eingeschränkten Ressourcen in diesen Bereichen verstärken ihre negative Wirkung somit gegenseitig und es entsteht der sogenannte Matthäuseffekt. Dieser verweist auf einen Ausspruch aus dem Matthäusevangelium und beschreibt das Prinzip „Wer hat, dem wird gegeben – wer nicht hat, dem wird genommen“. Aufgrund mangelnder kognitiver Fähigkeiten und einer ineffizienten Strategieranwendung fällt es Kindern schwerer, sich Wissen anzueignen. Gleichzeitig können sie nicht auf Vorwissen zurückgreifen, um neue Informationen zu integrieren und somit die kognitive Belastung zu reduzieren. In dieser Weise setzt sich der Wirkmechanismus fort und das Ergebnis sind zunehmende Misserfolge und

Lernrückstände. Die Herausforderung guter Lernförderung besteht demnach darin, trotz schwacher kognitiver Ressourcen inhaltspezifisches Vorwissen aufzubauen, um schnellere Lernerfolge zu ermöglichen.

Auch im Feld der Cognitive Load Theory (Kapitel 2.7) wird das Vorwissen als bedeutender Faktor bewertet, der Problemlöseprozesse und den Aufbau einer Wissensbasis entscheidend beeinflusst (Owen & Sweller, 1989). Dabei gehen die Autoren davon aus, dass erfolgreiche Lerner bereits einen soliden Grundstock an Wissen sowie automatisierte Regeln zu dessen Nutzung gespeichert haben, was ihnen die Schemakonstruktion (Kapitel 2.7) deutlich erleichtert. Umgekehrt müssen Lerner, die nicht über solch gute Voraussetzungen verfügen, zusätzlich unterstützt werden, indem sie beispielsweise zu den Aufgaben bereits mögliche Lösungswege erhalten (*worked example*; Kapitel 2.7.3).

Seufert (2003) fand in einer Studie allerdings Hinweise darauf, dass das Vorwissen auch bei der Wahl von Lernhilfen und Unterstützungsangeboten zu beachten ist. Sechshundachtzig Studierende bearbeiteten eine Lernaufgabe und erhielten in drei Gruppen entweder keine Hilfen oder aber direkte oder non-direktive Hinweise. In der Auswertung der anschließend gezeigten Lernleistung berücksichtigte Seufert das Vorwissen der Teilnehmer und erhielt folgendes Bild: Teilnehmer mit geringem Vorwissen konnten die angebotenen Lernhilfen nicht effektiv nutzen, um ihre Leistungen zu steigern. Probanden mit gutem Vorwissen hingegen profitierten entweder von den Hinweisen oder hatten diese gar nicht mehr nötig. Diejenigen mit mittlerem Vorwissen konnten die Wirksamkeit der Lerneinheit mit Hilfe der Unterstützungsangebote am deutlichsten steigern. Ähnliche Muster und teilweise sogar nachteilige Effekte für starke Lerner zeigen sich ebenso in anderen Studien (Kalyuga, 2005).

Die bisher verfügbaren Befunde lassen darauf schließen, dass Entlastungen durch das Instruktionsdesign nicht unweigerlich bei allen Lernern zu besseren Leistungen führen. Daher sind Effekte einzelner Gestaltungsmaßnahmen differenziert empirisch zu prüfen, wobei das Vorwissen und die kognitiven Ressourcen sowie der Lerninhalt einzubeziehen sind. Daher soll die vorliegende Arbeit einen Beitrag dazu leisten, die Rolle des Vorwissens auch für die Gestaltung von Übungsmaterial zu untersuchen, indem aus empirischen Befunden Hinweise darauf abgeleitet werden, ob die Effekte des Instruktionsdesigns auf die Leistung in Abhängigkeit vom Vorwissen der Schüler variieren.

## 2.5 Strategien

Strategien gehören nach dem Modell guter Informationsverarbeitung ebenso zu den wichtigen Ressourcen erfolgreicher Lerner wie die Aufmerksamkeitsleistungen und eine große

Arbeitsgedächtniskapazität. Neben mangelnder metakognitiver Handlungssteuerung, Motivation, Konzentration und bereichsspezifischem Vorwissen sind dann auch die geringe Kenntnis und Umsetzung von Lern- und Gedächtnisstrategien als wichtige Faktoren zu nennen, welche dazu beitragen, dass Schüler schwache Leistungen zeigen (Lauth, 2006; Lauth & Grünke, 2005).

Einige Studien erbringen Hinweise darauf, dass gutes Strategiewissen und vermehrte Strategieanwendung auch mit besseren Leistungen einhergehen (zum Beispiel für das Leseverständnis van Kraayenoord & Schneider, 1999). Strategien können demzufolge potentiell entlasten, indem sie helfen, das eigene Vorgehen zu strukturieren und das Wissen zu organisieren (Friedrich & Mandl, 2006). Einschränkend ist an dieser Stelle anzumerken, dass die Forschungslage in diesem Feld nicht eindeutig ist (Artelt, 1999, van Kraayenoord & Schneider, 1999), wobei drei Punkte zu berücksichtigen sind: Erstens kommen in den Studien unterschiedliche Instrumente zur Erfassung der Strategieanwendung zum Einsatz, so dass sich Effekte nicht immer in gleicher Weise abbilden lassen. Die Erhebung mittels Fragebogen beispielsweise scheint im besten Falle die Quantität, nicht aber die Qualität der Strategieanwendung zu erfassen (Artelt, 1999). Zweitens müssen je nach Lernziel und Komplexität der Aufgabe andere Strategien eingesetzt und unterschiedliche Verarbeitungstiefen erreicht werden (Artelt, 1999). Demzufolge sind die genaue Anlage der Aufgabe und die Passung der Strategien zu beachten. Drittens ist der Erfolg strategischen Lernens stark abhängig von den genauen Voraussetzungen und der Entwicklung der Lerner (Artelt, 2006; Kron-Sperl, Schneider & Hasselhorn, 2008). Die Wirksamkeit von Strategien auf den Lernerfolg wird demnach von mehreren Faktoren beeinflusst, so dass pauschale Aussagen zum Einsatz von Strategien nicht zulässig sind.

Pressley (1986) hat eigens das sogenannte Modell des guten Strategienutzers entwickelt, in dem er erläutert, wie welche Strategien vermittelt und eingesetzt werden sollten, um sie für effizientes Lernen nutzbar zu machen. Inhaltlich ist zwischen kognitiven und metakognitiven Strategien zu unterscheiden (Friedrich & Mandl, 2006). Mit Hilfe kognitiver Strategien können Lerninhalte aufbereitet und die Informationsverarbeitung optimiert werden. Dazu gehören Wiederholungs-, Elaborations- und Organisationsstrategien, die unterschiedliche Komplexitätsniveaus erfüllen können (Ennemoser & Diehl, einger.; Gold, Mokhesgerami, Rühl, Schreblowski & Souvignier, 2004). Metakognitive Strategien dagegen unterstützen den Lerner dabei, seinen eigenen Lernprozess zu überwachen und zu steuern (Hasselhorn, 1992) und sind damit auch am erfolgreichen Einsatz kognitiver Strategien beteiligt.

Über die Passung der konkreten Inhalte und die gestalterischen Aspekte der Aufgaben hinaus kann es daher durchaus vielversprechend sein, einerseits vermehrt Strategien zu vermitteln und andererseits die Anwendung derselben bereits durch das Material zu ermöglichen oder sogar anzuregen (Grünke, 2006).

Je nachdem, wie kognitive Voraussetzungen und Inhaltsstruktur des Lerngegenstands zusammenpassen, können Strategien Lernprozesse erleichtern oder aber eine zusätzliche Belastung darstellen, da ihre Überwachung eigene kognitive Ressourcen beansprucht. Sollen also Strategien vermittelt werden, um Ressourcen optimiert zu nutzen beziehungsweise die kognitive Belastung beim Lernen und Üben zu reduzieren, muss berücksichtigt werden, dass das Erlernen von Strategien sowie ihres effizienten Einsatzes einen eigenen Lerngegenstand darstellen (Bannert, 2004; Krajewski & Ennemoser, 2010; Lauth & Grünke, 2005). Daher ist die Vermittlung von Strategien wiederum idealerweise ressourcenorientiert zu gestalten.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit stellen Strategievermittlung und kognitive Überwachung von Strategien keinen Schwerpunkt dar. Wie erläutert, müssen Strategien zunächst gut eingeführt und geübt werden, bevor sie effizient genutzt werden können. Die vorgesehene Intervention von einer Doppelstunde erlaubt kein derartiges Vorgehen. Dennoch ist es wichtig, sich der Potentiale von Strategien und strategischem Vorgehen bewusst zu sein, da bereits die Aufgabenstruktur das Erkennen von Regelmäßigkeiten und Ableiten von Strategien unterstützen oder auch behindern kann.

## 2.6 Motivation und Selbstkonzept

Lernen geht bei Erfolg wie bei Misserfolg mit Emotionen und vor allem mit Kognitionen über das eigene Lernen einher, die sich langfristig im Selbstkonzept niederschlagen. Mit jeder Lernaufgabe machen Schüler Erfahrungen darin, wie erfolgreich sie in einzelnen Bereichen abschneiden können. Dies beeinflusst auch die Motivation, was sich in der Bereitschaft äußert, sich weiteren Anforderungen zu stellen und sich anzustrengen, um diese zu bewältigen (Hasselhorn & Gold, 2009). Gute Leistungen sind demnach tendenziell mit einem positiven Selbstkonzept und einer hohen Motivation, schwache Leistungen eher mit einem negativen Selbstkonzept und in der Folge mit geringer Motivation assoziiert (Schöne, Dickhäuser, Spinath & Stiensmeier-Pelster, 2002). Grundsätzlich sind zwei Wirkrichtungen denkbar und Lernerfolg könnte Ursache oder aber Folge von Motivation und gutem Selbstkonzept sein (*skill development* vs. *self enhancement*; Calsyn & Kenny, 1977). Jedoch ist insbesondere im Grundschulalter nach dem *skill development*-Ansatz davon auszugehen, dass Kinder aus ihren Leistungen und den Rückmeldungen ihrer Lehrkräfte positive oder negative Rückschlüsse auf

ihr eigenes Leistungspotential ziehen, sich selbst auf dieser Grundlage als leistungsstark oder -schwach einschätzen und in der Konsequenz mehr oder weniger Spaß am Lernen entwickeln. Die umgekehrte Annahme, nach der durch ein gutes Selbstkonzept und eine hohe Motivation Leistungen gesteigert werden können, wird in der Literatur des *self enhancement*-Ansatzes vertreten. Wahrscheinlich ist aber (zumindest mit zunehmendem Alter) eine dritte Möglichkeit, das *reciprocal effects*-Modell, nach dem sich Leistungen und entsprechende Selbstbewertungen gegenseitig verstärken (Guay, Marsh & Boivin, 2003).

Nach dem Erwartungs-Wert-Modell (Eccles et al., 1983; Wigfield & Eccles, 1994) hat das Selbstkonzept durchaus einen positiven Einfluss auf die Leistungen, wenn ein Lerner *erwartet*, eine Aufgabe bewältigen zu können und wenn er dem Inhalt einen *Wert* beimisst, ihn also für interessant und wichtig hält. Aus diesen beiden Bedingungen leitet sich die Motivation beziehungsweise die Anstrengungsbereitschaft ab, sich mit Lernanforderungen auseinanderzusetzen. Investiert ein Lerner auf dieser Grundlage Ressourcen und hat damit Erfolg, wirkt sich dies wiederum verstärkend auf folgende Lernsituationen aus.

Aus diesen Annahmen ergibt sich ein zentraler Ansatzpunkt für die Förderung: Zunächst müssen Schüler Lernerfolge haben, aus denen sie positive Erwartungen ableiten können. Dazu sind Aufgaben nötig, die auf den Lernstand abgestimmt sind (Vygotsky, 1987), im Idealfall das Interesse der Schüler treffen und ihnen Spaß machen. Damit Schüler Lernerfolge auf ihre eigene Anstrengung zurückführen und auf diese Weise tatsächlich positive Erwartungen für zukünftige Lernanforderungen ableiten, bieten sich Maßnahmen an, die günstige Attributionsstile fördern (Möller & Trautwein, 2009).

Insgesamt wird in dieser kurzen Übersicht deutlich, dass Selbstkonzept und motivationale Voraussetzungen durchaus an erfolgreichen Lernprozessen beteiligt sind. Natürlich existieren auch Ansätze, die beispielsweise mit Reattribution arbeiten und das Selbstkonzept erfolgreich steigern, jedoch ist ein Transfer auf Schulleistungen bisher nicht in ausreichendem Maße gelungen, um schwache Lerner angemessen zu unterstützen (Hattie, Biggs & Purdie, 1996). Daher scheint das meistversprechende Vorgehen zu sein, Aufgaben so zu gestalten, dass die Schüler sie bewältigen können und somit Lernerfolge zu ermöglichen. Dazu gehört, Aufgaben klar und verständlich darzustellen sowie inhaltlich an das Lernniveau der Schüler anzupassen. Gelingt es, Schülern auf diese Weise Spaß beim Lernen zu vermitteln und im Zuge einer erhöhten Anstrengungsbereitschaft Ressourcen zu aktivieren, die wiederum in neue Lernprozesse investiert werden, so können Motivation und Selbstkonzept als wichtige Mediatoren wirken (Martschinke & Kammermeyer, 2006).

## 2.7 Cognitive Load Theory

Die Grundidee der Cognitive Load Theory stammt aus den 80er Jahren (Sweller, 1988; 1989), während die tatsächliche Theorie vor allem in den 90er Jahren entwickelt und ausgearbeitet wurde (Paas, Renkl & Sweller, 2003; Sweller & Chandler, 1991; für einen Überblick über die Entwicklung Moreno & Park, 2010). Ausgehend von Erkenntnissen über die menschliche Informationsverarbeitung, wie sie bereits im ersten Teil der vorliegenden Arbeit dargestellt wurden, werden Hypothesen dazu aufgestellt, wie Lernmaterial optimal gestaltet sein muss, damit die kognitiven Ressourcen der Lerner nicht überlastet werden (Paas, Renkl & Sweller, 2003).

Sweller, van Merriënboer und Paas (1998) nennen das Arbeitsgedächtnis und das Langzeitgedächtnis als die zwei grundlegenden Komponenten der Informationsverarbeitung. Während im Arbeitsgedächtnis kurzfristig Informationen gespeichert und weiterverarbeitet werden, werden im Langzeitgedächtnis sogenannte Schemata konstruiert. Dazu werden Einzelinformationen in Kategorien zusammengefasst, die wiederum in ein größeres Wissenssystem eingeordnet werden. Beispielsweise können Rechenregeln und Wissen über Operationen gemeinsam gespeichert und bei Bedarf abgerufen werden. Somit wird durch die Konstruktion solcher Schemata eine Wissensbasis im Langzeitgedächtnis geschaffen und angereichert. Diese zu erweitern, ist letztendlich das Ziel von Lernprozessen und kann auch neue Lernprozesse entlasten, da das so entstandene Vorwissen erweiterte Schemakonstruktionen erleichtert.

Ein weiterer Schritt, um Wissen möglichst effizient für neue Problemlösungen nutzen zu können, ist die Automatisierung von Teilprozessen (Sweller, van Merriënboer & Paas, 1998). Eine starke Automatisierung wird in der Regel durch intensives Üben erreicht und bringt eine Entlastung der kognitiven Ressourcen mit sich, so dass diese für tiefergehende Verstehensprozesse frei werden. Beispielsweise kann sich ein Schüler beim Lesen leichter mit der Sinnentnahme aus einem Text befassen, wenn er die einzelnen Wörter automatisiert erlesen kann, ohne die einzelnen Grapheme zu entschlüsseln und mühsam zusammenzuziehen. Dies gelingt, da die eigentliche Rekodier- beziehungsweise Dekodierleistung automatisch abläuft und das Arbeitsgedächtnis dabei lediglich minimal beansprucht wird. Es kann stattdessen genutzt werden, um Informationen aus dem Text zu speichern und zu verknüpfen.

Die Grundidee der Cognitive Load Theory besteht darin, Instruktionen so zu gestalten, dass Lernende ihre kognitiven, insbesondere arbeitsgedächtnisbezogenen, Ressourcen optimal nutzen können. Erkenntnisse über die Wechselwirkung zwischen lernerseitigen Voraussetzungen und Instruktionsdesign dienen zum einen dazu, Leistungsunterschiede zu

erklären, zum anderen werden sie als Grundlage für die Empfehlung von Gestaltungsprinzipien (Mayer & Moreno, 2010) herangezogen. Bisher wurde die Theorie in erster Linie im Kontext multimedialen Lernens (Rasch & Schnotz, 2006; Sweller, 2005a) und komplexer Problemlöseaufgaben (van Merriënboer, Kester & Paas, 2006; van Merriënboer & Sweller, 2005) angewendet, da diese besonders hohe Anforderungen an das Arbeitsgedächtnis stellen. Lerner müssen hier verschiedene visuelle und auditive Informationen (zum Teil gleichzeitig) aufnehmen und verarbeiten und diese Speicherprozesse koordinieren.

Der Cognitive Load Theory liegt die Annahme zugrunde, dass lediglich eine begrenzte Menge an kognitiven Ressourcen zur Verfügung steht, welche genutzt werden können, um Problemstellungen zu bearbeiten. Dies entspricht dem aktuellen Stand der Arbeitsgedächtnis- und Aufmerksamkeitsforschung (Kapitel 2.2, 2.3). Lernmaterialien stellen Anforderungen an die kognitive Verarbeitung und beanspruchen somit einen Teil der vorhandenen Ressourcen. Bei Überschreiten der zur Verfügung stehenden Gesamtkapazität aber kommt es zu einer Überlastung, was lernhinderlich ist (Mayer & Moreno, 2003).

Im Rahmen der Theorie werden allerdings verschiedene Arten kognitiver Belastung unterschieden, die verschiedene Funktionen erfüllen und deren Ausmaß positive oder negative Konsequenzen auf den Lernerfolg haben kann. Diese werden im folgenden Abschnitt näher erläutert, da sie von grundlegender Bedeutung für die Konzeption der Materialien der vorliegenden Studie sind.

### 2.7.1 Aspekte kognitiver Belastung

Nach Sweller, van Merriënboer und Paas (1998) sind drei grundlegende Formen kognitiver Belastung zu unterscheiden. Im Einzelnen sind dies die intrinsische, die extrinsische und die lernbezogene Belastung. Diese entstehen durch verschiedene Aspekte der jeweiligen Lernanforderung und können daher auch durch unterschiedliche Maßnahmen beeinflusst werden. Im Folgenden werden die drei Formen kognitiver Belastung dargestellt, wie sie im Rahmen der Cognitive Load Theory beschrieben werden und jeweils Befunde aus der Cognitive Load-Forschung ergänzt.

#### *Intrinsische Belastung*

Die intrinsische Belastung (*intrinsic load*) besteht in der Komplexität eines Lerngegenstands, welche durch die sogenannte Elementinteraktivität bestimmt ist (Sweller, 1994; Sweller, 2010; Sweller, van Merriënboer & Paas, 1998). Diese ergibt sich aus der Anzahl der Einzelelemente, die im Arbeitsgedächtnis bereitgehalten werden müssen, um erfolgreich Schemata zu konstruieren. Geringe intrinsische Belastung tritt beispielsweise auf, wenn beim Vokabellernen



lediglich zwei Elemente miteinander verknüpft werden. Sweller (2010) betont, dass bei einer so einfach strukturierten Aufgabe geringe Anforderungen an das Arbeitsgedächtnis gestellt werden und kein tiefergehendes Verstehen gefordert wird. Bei komplexen Aufgaben, wie dem Lösen von Gleichungen mit mehreren Unbekannten dagegen, müssen Lerner eine Vielzahl von Informationen gleichzeitig behalten und verarbeiten, was eine erhöhte intrinsische Belastung mit sich bringt. Somit sind Aufgaben mit hoher Elementinteraktivität tendenziell schwieriger und stellen höhere Anforderungen an die kognitiven Ressourcen. Dieser Aspekt der kognitiven Belastung ist nicht oder lediglich in sehr geringem Umfang durch die Instruktion beeinflussbar (Sweller, 1994; Sweller, 2005a; Sweller, van Merriënboer & Paas, 1998). Selbstverständlich lassen sich aber komplexe Lerngegenstände grundsätzlich in kleinere Einheiten zerlegen, so dass es möglich wird, Teilschritte zunächst isoliert zu erlernen und erst am Ende zu integrieren (Sweller, 2010). Diese Vorgehensweise hat sich auch in empirischen Studien bewährt (Pollock, Chandler & Sweller, 2002; Schnotz & Kürschner, 2007). Geht es aber in einer Aufgabe um genau diesen letzten Schritt, ist eine Reduktion der intrinsischen Belastung kaum möglich.

Welches Ausmaß an Arbeitsgedächtnisressourcen für eine Aufgabe benötigt wird, hängt allerdings nicht allein von der objektiv vorhandenen Anzahl an Elementen ab, die verarbeitet werden müssen, sondern variiert auch je nach Vorwissen und Grad der Automatisierung von Teilschritten, die Lernende bereits mitbringen (Ayres, 2006; Bannert, 2002; Sweller, van Merriënboer & Paas, 1998). Van Merriënboer, Kester und Paas (2006) argumentieren daher im Sinne der Aptitude-Treatment-Interaction (ATI; Kapitel 2.1.1 und 2.7.4) und ergänzen daher als wichtige Eigenschaft der intrinsischen Belastung die Interaktion des Lerngegenstands mit der Expertise des Lernenden, was sich in der Forschung zum sogenannten *expertise reversal effect* niedergeschlagen hat (Schnotz & Kürschner, 2007; Kapitel 2.7.3).

### *Extrinsische Belastung*

Die extrinsische Belastung (*extraneous load*) war bereits in der ersten Phase der historischen Entwicklung Bestandteil der Cognitive Load Theory (Moreno & Park, 2010). Sie entsteht durch die Oberfläche des Lernmaterials, also durch die konkrete Gestaltung der Aufgaben, und ist daher direkt manipulierbar (Bannert, 2002; Sweller & Chandler, 1994). Aspekte, die die extrinsische Belastung erhöhen, sind beispielsweise redundante Informationen, die in unterschiedlichen Formen dargestellt werden oder sogenannte *seductive details*, für das Lernen nicht relevante Illustrationen, die unter Umständen von der eigentlichen Aufgabe ablenken (Harp & Mayer, 1998; Mayer, 2001). Diese werden oftmals aufgrund der Annahme ergänzt, schlichtes Material sei zu langweilig und habe daher keinen ausreichenden Aufforderungscharakter (Harp & Mayer, 1997). Ebenso können aber auch andere (gut

gemeinte) Hilfen, wie zum Beispiel von der Konvention abweichende Darstellungen, zu erhöhter kognitiver Belastung führen und damit Lernleistungen beeinträchtigen (Leung, Low & Sweller, 1997).

Möglichkeiten, die extrinsische Belastung zu reduzieren, finden sich für multimediales Lernen bei Mayer und Moreno (2010). Allgemeine Prinzipien, mit denen eine übermäßige extrinsische Belastung vermieden werden kann, sind in Kapitel 2.7.3 zusammengefasst.

### *Lernbezogene Belastung*

Die lernbezogene Belastung (*germane load*) entsteht durch die Anforderungen, die der Lernprozess selbst an die kognitiven Ressourcen stellt (Sweller, van Merriënboer & Paas, 1998). Müssen Lerner zur Lösung einer Aufgabe beispielsweise mehrere Informationen verknüpfen, ist es notwendig, diese im Arbeitsgedächtnis bereitzuhalten und dann zu verarbeiten. Demnach ist es erstrebenswert, für diese Belastungsart einen möglichst hohen Anteil an Ressourcen zur Verfügung zu stellen. Auf diese Weise unterstützt man die Konstruktion neuer Schemata und steigert den Lernerfolg. Eine direkte Manipulation der lernbezogenen Belastung erscheint zunächst schwierig. Vielmehr muss die extrinsische Belastung reduziert werden, da sie nicht direkt für den Lernerfolg relevant und somit verzichtbar ist. Die meisten Studien folgen der Annahme, dass bei geringer extrinsischer Belastung freie Ressourcen automatisch in lernbezogene Aktivitäten fließen (Bannert, 2002; Kirschner, 2002). Inzwischen plädieren allerdings auch einige Autoren dafür, diese aktiv anzuregen, indem die Lerner dazu ermutigt werden, sich aktiv mit den Inhalten auseinanderzusetzen (z.B. Paas, Tuovinen, Tabbers & van Gerven, 2003; Paas & van Gog, 2006). Hier können beispielsweise Strategien zum Einsatz kommen, die eine tiefere Verarbeitung ermöglichen, sofern sie nicht selbst zu einer zu starken kognitiven Belastung führen.

Die drei beschriebenen Formen kognitiver Belastung stellen den zentralen Gegenstand der Cognitive Load Theory-Forschung dar. Ihre jeweiligen Anteile an Lernprozessen bestimmen der Theorie zufolge entscheidend den Lernerfolg. Im folgenden Abschnitt werden daher die Grundannahmen der Cognitive Load Theory zum Zusammenspiel der drei Belastungsarten differenzierter dargestellt. Anschließend wird erläutert, welche Rolle die Gestaltung von Lernmaterial für die kognitive Belastung spielt und wie ihre Effekte reguliert werden können.

### **2.7.2 Grundannahmen der Cognitive Load Theory**

Ausgehend von der Annahme, dass die Ressourcen des Arbeitsgedächtnisses begrenzt sind, ist es besonders wichtig, Anforderungen auf die vorhandenen Ressourcen abzustimmen.

Andernfalls sehen Sweller, van Merriënboer und Paas (1998) die Gefahr der kognitiven Überlastung (*cognitive overload*; Abbildung 7), welche sich zu Ungunsten der lernbezogenen Verarbeitungsressourcen auswirkt, da intrinsische und extrinsische Belastung durch die Aufgaben und das Material bestimmt sind und für die lernbezogenen Aktivitäten lediglich der geringe Anteil der Kapazität genutzt werden kann, der übrig bleibt.



Abbildung 7 Kognitive Überlastung (*cognitive overload*) nach Sweller, van Merriënboer und Paas (1998)

Solange die Kapazität der kognitiven Ressourcen nicht erhöht werden kann, muss die kognitive Belastung insgesamt reduziert werden. Als vorrangige der drei Belastungsdimensionen bietet sich die extrinsische an, da sie direkt manipulierbar ist, ohne eine Veränderung der Aufgabenstruktur und der inhaltlichen Anforderungen zu erzwingen. Verringert man die extrinsische Belastung, stehen mehr kognitive Ressourcen zur Verfügung, um intrinsische und lernbezogene Anforderungen zu bewältigen (Abbildung 8).



Abbildung 8 Reduktion der extrinsischen Belastung zur Regulation der kognitiven Belastung nach Sweller, van Merriënboer und Paas (1998)

Ist die intrinsische kognitive Belastung einer Aufgabe gering, verbleibt ein vergleichsweise hohes Maß an kognitiven Ressourcen, um diese selbst bei einem ungünstigen Instruktionsdesign zu lösen (van Merriënboer, Kester & Paas, 2006). Sweller (1994) geht davon aus, dass ausschließlich eine hohe intrinsische Belastung erfordert, die extrinsische Belastung zu berücksichtigen. Bei geringer intrinsischer Belastung hingegen sei die Darstellungsform zweitrangig. Darauf weisen auch die Ergebnisse der Studien von Sweller und Chandler (2004) hin, in denen Effekte des Instruktionsdesigns verstärkt bei Aufgaben mit hoher Elementinteraktivität und damit hoher intrinsischer Belastung auftraten.

Insgesamt ist aus den Beiträgen zur Cognitive Load Theory abzuleiten, dass es erstrebenswert ist, die vorhandenen kognitiven Ressourcen von Lernern zu kennen und Lernmaterial so zu gestalten, dass sie diese optimal nutzen können. Auch wenn es uneinheitliche Aussagen dazu gibt, welche Aspekte der kognitiven Belastung effektiv beeinflusst werden können (Argumente und Möglichkeiten für Variationen intrinsischer Belastung finden sich z.B. bei de Jong, 2010; Pollock, Chandler & Sweller, 2002), bleibt die Tatsache bestehen, dass die extrinsische

Belastung den am besten sichtbaren und direkt manipulierbaren Anteil der kognitiven Belastung darstellt. Zudem könnte sie auch bei weniger fortgeschrittenen Lernern und, entgegen Swellers (1994) Annahme, bei inhaltlich weniger komplexen Anforderungen, wie der Übung, einen beachtlichen Hebel darstellen. Ihre Bedeutung und das Potential ihrer Reduzierung für den Lernerfolg sind daher dringend zu untersuchen.

Wichtig ist an dieser Stelle zu betonen, dass sich die vorliegende Studie an der Cognitive Load Theory als theoretischem Modell orientiert, aber keine Messung der kognitiven Belastung im Sinne vertiefender Cognitive Load-Forschung vorgesehen ist, bei der die Belastung beispielsweise mit Hilfe von Sekundäraufgaben oder mit Fragebögen während der Aufgabenbearbeitung sehr differenziert erfasst wird (für einen Überblick siehe Brünken, Plass & Leutner, 2003; DeLeeuw & Mayer, 2008; Paas, Tuovinen, Tabbers & van Gerven, 2003).

### 2.7.3 Effekte kognitiver Belastung

Ausgehend von der Grundannahme der Cognitive Load Theory, dass extrinsische Belastung Leistungen beeinflusst, stellt sich die Frage, wie dies genau funktioniert und welche Effekte eine Manipulation des Instruktionsdesigns haben kann. Im Folgenden werden die sechs wichtigsten Effekte beschrieben, welche die extrinsische kognitive Belastung reduzieren und im Rahmen der Cognitive Load Theory überprüft wurden. Dazu werden die jeweiligen Wirkmechanismen kurz erläutert. Fünf Effekte sind dem Überblick bei van Merriënboer und Sweller (2005) entnommen. Als sechster Effekt wird der *expertise reversal effect* ergänzt, da in dessen Rahmen die Rolle lernerseitiger Voraussetzungen explizit berücksichtigt wird.

*Goal free.* Der *goal free*-Effekt gilt als empirisch gut belegt (z.B. Ayres, 1993; Burns & Vollmeyer, 2002; Owen & Sweller, 1985; Owen & Sweller 1989; Wirth et al., 2009) und beschreibt den Vorteil zielfreier Problemlöseaufgaben gegenüber solchen Aufgaben, bei denen Ausgangssituation und Ziel genau vorgegeben sind (Sweller, 2004). Dieser Effekt kommt dann zum Tragen, wenn eine begrenzte Anzahl von Lösungen möglich ist, wie zum Beispiel bei der Berechnung von Gleichungen mit mehreren Unbekannten. Soll der *goal free*-Effekt genutzt werden, ist es besser vorzugeben, dass so viele Lösungen wie möglich berechnet werden sollen als die Lösung nach einer gezielten Variable zu fordern. Die Lerner lenken ihre Aufmerksamkeit auf das Problem und die verfügbaren Mittel statt auf den Abgleich zwischen Ausgangs- und Zielzustand, müssen weniger Ressourcen aufbringen und können dann Schritt für Schritt vorgehen, um die Aufgabe zu lösen.

*Worked example.* Der Effekt des *worked example* ermöglicht es, kognitive Belastung zu reduzieren, indem ausgearbeitete Beispiele vorgegeben werden, welche die Lerner Schritt für

Schritt nachvollziehen können (Cooper & Sweller, 1987). Das Vorgehen übertragen sie auf weitere Aufgaben und erweitern auf diese Weise ihre Problemlösefähigkeiten. Renkl, Gruber, Weber, Lerche & Schweizer (2003) geben einen Überblick über die Effektivität von Lösungsbeispielen (siehe auch Sweller, 2006) und stellen Daten einer Studie mit 80 Studierenden dar, denen Aufgaben nach dem sogenannten *dual task*-Theorem gestellt wurden. Die Autoren bestätigen die Überlegenheit des Lernens aus Beispielen gegenüber dem Problemlösen. Zudem zeigen sie mit Hilfe von Sekundäraufgaben, dass sich dieser Vorteil, wie angenommen, tatsächlich aus einer geringeren Arbeitsgedächtnisbelastung ergibt.

*Completion problem.* Statt komplexe Probleme als Ganzes zu bearbeiten, konzentrieren sich die Lerner auf einzelne Schritte und vervollständigen einen vorgegebenen Ansatz (Paas, 1992). Eine geringere kognitive Belastung gegenüber konventionellen Problemlöseaufgaben ergibt sich daraus, dass sich die Lerner zunächst auf einen Ausschnitt konzentrieren und das abgegrenzte Problem Schritt für Schritt lösen können. Damit stellt diese Isolierung von Teilschritten eine reduzierte Form des komplett ausgearbeiteten Beispiels im *worked example* dar und zeigt ähnlich positive Effekte (Paas, 1992).

*Split attention.* Insbesondere bei komplexen Aufgaben und Multimediaaufgaben liegen Informationen oftmals getrennt vor, was besonders viele kognitive Ressourcen beansprucht, da Lerner diese im ersten Schritt speichern und verknüpfen müssen, bevor sie sie nutzen können. Um den *split attention*-Effekt zu vermeiden, wird die Anzahl der Quellen, aus denen die Lerner ihre Informationen beziehen, reduziert und statt mehrerer getrennt vorliegender Informationen wird eine integrierte Quelle zur Verfügung gestellt. Die kognitive Belastung reduziert sich, da weniger Elemente gleichzeitig parat gehalten und miteinander kombiniert werden müssen (Sweller & Chandler, 1994, Kalyuga, Chandler & Sweller, 1998; Low & Sweller, 2005). Dies konnten Bobis, Sweller und Cooper (1993) auch für eine relativ einfach strukturierte Aufgabe bei Grundschulern bestätigen.

*Redundancy.* Erhöhte extrinsische Belastung kann auch entstehen, wenn Redundanzen vorliegen, die daraus entstehen, dass mehrere Quellen, womöglich an mehreren Orten, gleiche Informationen enthalten oder einfache Inhalte unnötig aufgearbeitet werden (Chandler, & Sweller, 1991; Sweller, 2005b; Sweller & Chandler, 1994). Lerner müssen in diesem Fall zunächst die relevanten Informationen identifizieren, um damit arbeiten zu können und beanspruchen damit stark ihre kognitiven Ressourcen. Dieser negative Effekt kann reduziert werden, indem die Anforderung, die Informationen abzugleichen, Redundanzen zu erkennen und dann die wichtigen Informationen auszuwählen, minimiert wird. Dazu müssen

beispielsweise mehrere Quellen zusammengefasst und die Informationen verdichtet werden (Bobis, Sweller & Cooper, 1993; Sweller, 2005b).

*Expertise reversal effect.* Die im Deutschen als Expertise-Umkehr-Effekt bezeichnete Wechselwirkung zwischen dem Vorwissen und der extrinsischen Belastung beeinflusst die Effektivität von Gestaltungsmerkmalen (Kalyuga, Ayres, Chandler & Sweller, 2003; Sweller, 2004). Abhängig davon, wie viel Vorwissen ein Lerner mitbringt, kann sich der Grad der extrinsischen Belastung förderlich oder hinderlich für den Lernerfolg erweisen. Schnotz und Kürschner (2007) veranschaulichen den Effekt in einem Diagramm, in dem sie Expertiseniveau, Aufgabenschwierigkeit und kognitive Belastung darstellen (Abbildung 9).

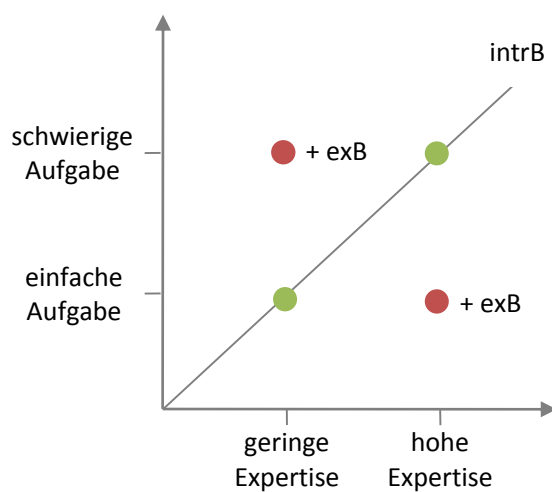


Abbildung 9 Intrinsic Belastung (*intrB*), die sich aus dem Verhältnis zwischen der Aufgabenschwierigkeit und der Expertise des Lerners ergibt, und Einfluss zusätzlicher extrinsischer Belastung (+ *exB*) nach Schnotz und Kürschner (2007)

Sind die Anforderungen der Aufgabe auf die Expertise der Lerner abgestimmt, entsteht daraus eine angemessene intrinsische Belastung. Kommen allerdings Gestaltungsmerkmale hinzu, die sich in der extrinsischen Belastung niederschlagen, werden Lernerfolge beeinträchtigt. Im Falle von Lernern mit schwachen Voraussetzungen besteht die Gefahr vor allem darin, zu viele ablenkende und zu weit auseinanderliegende Informationen anzubieten, deren Integration eine zu große Herausforderung darstellt. Daraus folgt eine kognitive Überlastung, welche mit mangelnden Lernerfolgen einhergeht. Bei fortgeschrittenen Lernern hingegen sehen die Autoren vor allem das Risiko, dass redundante Informationen gegeben werden, obwohl die Lerner diese nicht mehr benötigen, und somit die Lernzeit und die Belastung der kognitiven Ressourcen unnötig erhöht werden.

#### 2.7.4 Rolle der kognitiven Belastung in Lernprozessen

Selbstverständlich stellt sich die Frage, wie nun die dargelegten theoretischen Annahmen und die entsprechenden Befunde genutzt werden können, um Lernprozesse zu unterstützen und die Informationsverarbeitung zu optimieren. Dazu ist es wichtig, sich dreier Effekte bewusst zu sein, welche das Instruktionsdesign im Sinne der Cognitive Load Theory auf die kognitive Belastung haben kann. Rasch und Schnotz (2006) nennen diese Ermöglichungseffekt, Erleichterungseffekt und hinderlichen Effekt. Die Autoren beziehen sich speziell auf die multimediale Gestaltung, die Prinzipien spielen aber ebenso für andere Arten des Instruktionsdesigns eine wichtige Rolle.

Der Ermöglichungseffekt wird erreicht, wenn Prozesse nur ablaufen können, weil die kognitive Belastung reduziert wird. Der Erleichterungseffekt tritt auf, wenn grundsätzlich bereits mögliche Prozesse mit einer geringeren mentalen Anstrengung ausgeführt und somit entlastet werden können. Umgekehrt kann Instruktionsdesign die kognitive Belastung auch erhöhen und damit zu einem lernhinderlichen Effekt führen.

Vor allem in der ersten Phase der Entwicklung befassten sich die Arbeiten im Kontext der Cognitive Load Theory vorrangig mit der Reduzierung der extrinsischen Belastung in Form von unnötigen zusätzlichen Anforderungen, welche durch das Aufgabenformat beziehungsweise das Instruktionsdesign hervorgerufen werden (van Merriënboer & Ayres, 2005). In zahlreichen Studien wurden Effekte, wie die oben beschriebenen (Kapitel 2.7.3) differenziert untersucht. Meist wurden dazu Reihen von Experimenten durchgeführt, in denen immer nur einzelne Aspekte variiert wurden, um die Auswirkungen auf die kognitive Belastung und damit auf den Lernerfolg möglichst genau abbilden zu können (z.B. Chandler & Sweller, 1991).

Insgesamt lässt sich bestätigen, dass eine reduzierte extrinsische Belastung Lernprozesse im Sinne von Rasch und Schnotz (2006) erleichtern oder ermöglichen kann (Mayer & Moreno, 2003). Mit der Erkenntnis, dass Merkmale förderlicher Instruktionen nicht unabhängig von den Fähigkeiten der Lerner zu beschreiben sind, kamen aber weitere Untersuchungen hinzu, welche die Frage in den Vordergrund rückten, wie Instruktionsdesign auf die lernerseitigen Voraussetzungen abgestimmt werden kann.

Plass, Kalyuga und Leutner (2010) zum Beispiel stellen Befunde zum Zusammenhang lernerseitiger Voraussetzungen und der Wirkung der kognitiven Belastung nach der Cognitive Load Theory dar. Dabei beziehen sie sich unter anderem auf den Ansatz der *Aptitude Treatment Interaction* (ATI), welcher beschreibt, dass die Wirkung von Interventionen von individuellen Voraussetzungen der Lerner moderiert wird (Snow, 1977). Dieses Prinzip bestätigt sich in

Untersuchungen, in denen das Vorwissen und sein Einfluss auf die Effekte des Instruktionsdesigns einbezogen wurden.

Auch Kalyuga, Chandler und Sweller (1998) haben überprüft, welche Auswirkungen das Instruktionsdesign in Abhängigkeit vom Vorwissen der Lernenden hat. In einer Reihe von drei Experimenten zeigten sie, dass bei geringem Vorwissen ein stark integriertes Design, bei dem graphische Informationen und Text räumlich nah beieinander präsentiert werden (*split attention*-Effekt), zu den besten Leistungen und zu einer geringen subjektiven Einschätzung der kognitiven Belastung führt. Mit steigendem Vorwissen gewinnt stark reduziertes Aufgabenmaterial jedoch an Vorteil und bei Probanden, die ein fundiertes bereichsspezifisches Vorwissen mitbringen, ist eine rein graphische Darstellung ohne zusätzliche Erläuterungen deutlich überlegen (*redundancy*-Effekt).

Sweller (1994) beschreibt, dass sich die bisherigen Befunde zur kognitiven Belastung nach der Cognitive Load Theory auf Aufgaben mit hoher Elementinteraktivität beschränken, da die Annahme besteht, dass bei geringer Elementinteraktivität und damit auch geringer intrinsischer Belastung die kognitive Überlastung seltener oder gar nicht auftritt. Im Falle solcher Aufgaben sei die extrinsische Belastung demnach nahezu irrelevant.

Schnotz und Kürschner (2007) thematisieren in ihrem Überblick zu Erkenntnissen der Cognitive Load-Forschung unter anderem die Frage, wie die Wechselwirkungen zwischen dem Grad der Expertise der Lernenden und der Aufgabenschwierigkeit (intrinsische Belastung) sowie der Aufgabengestaltung (extrinsische Belastung) genau aussehen und welche Implikationen sich für die Praxis ableiten. Sie kommen zu dem Ergebnis, dass die Aufgabenschwierigkeit auf den Lernstand der Schüler abgestimmt sein muss, was zunächst trivial erscheint. Darüber hinaus empfehlen sie jedoch auch für fortgeschrittene Lerner, keine zu starke Reduktion der extrinsischen Belastung vorzunehmen, da dies die Lernleistung ebenfalls beeinträchtigen könne.

Van Merriënboer, Kester und Paas (2006) warnen ebenfalls davor, die kognitive Belastung zu stark zu reduzieren, wenn Lerner Transferleistungen erbringen sollen, da beispielsweise besondere Strukturierung, Anleitung und Rückmeldung den Transfer behindern. Daher betonen sie, die lernbezogene Belastung müsse gerade durch weniger unterstützende Gestaltung der Aufgaben erhöht werden. Als Maßnahme schwachen Lernern gerecht zu werden, sollen diese zu Beginn mit Aufgaben geringer intrinsischer Belastung arbeiten. Für angeleitetes Lernen und den Einsatz strukturierender Hilfen sprechen dagegen die Befunde von Alfieri, Brook, Aldrich und Tennenbaum (2011), die sie in einer Metaanalyse mit 164 Studien gewonnen haben. Explizite, direkte Instruktion erwies sich als dem eher entdeckenden Lernen überlegen (mittlere



Effektstärke  $d = 0.38$ ). Auch hier spielen natürlich Vorwissen und kognitive Ressourcen eine Rolle. So scheint die Überlegenheit stärker strukturierter Instruktionen vor allem für schwache Lerner zu gelten, wie sich bereits vielfach zeigte (Grünke, 2006; Lauth & Grünke, 2005).

Als Konsequenz aus der geschilderten Annahme, Aufgaben mit geringer intrinsischer Belastung erforderten keine ressourcenorientierte Gestaltung, sind Implikationen für die Praxis meist auf Aufgaben mit hoher Elementinteraktivität ausgerichtet. Aus der Cognitive Load Theory abgeleitete Empfehlungen und Modelle, wie zum Beispiel das Vier-Komponenten-Instruktionsdesign-Modell (*4C/ID-model*; van Merriënboer & Kester, 2005) geben daher in erster Linie Hilfestellungen für die Gestaltung komplexer Aufgaben. Dabei sind meist eine Gliederung in Teilprozesse und Übungsphasen zur Automatisierung vorgesehen, um komplexe Aufgaben zu entlasten.

Die vorliegende Studie setzt an einem niedrigeren Komplexitätsniveau an als die Studien zur Cognitive Load Theory. Hier steht die Frage im Vordergrund, wie Aufgaben und Instruktion aussehen müssen, damit Schüler mit unterschiedlichen Voraussetzungen von Übungssequenzen optimal profitieren können, in denen sie einfach strukturierte Aufgaben bearbeiten sollen.

Tuovinen (2000) hat ein Flussdiagramm entwickelt, welches helfen soll zu entscheiden, ob es notwendig ist, Material im Sinne der Cognitive Load Theory zu entlasten (Abbildung 10). Entscheidend sind seiner Darstellung zufolge die Höhe der intrinsischen Belastung, das Vorwissen der Schüler, ihre Fähigkeit, Inhalte in variierenden Kontexten anzuwenden und ob das Format der Aufgaben extrinsische Belastung produziert. Danach ist durchaus anzunehmen, dass Grundschüler als Lernanfänger auch bei Übungsaufgaben auf eine ressourcenorientierte Gestaltung angewiesen sind, insbesondere wenn sie insgesamt über schwache Lernvoraussetzungen verfügen.

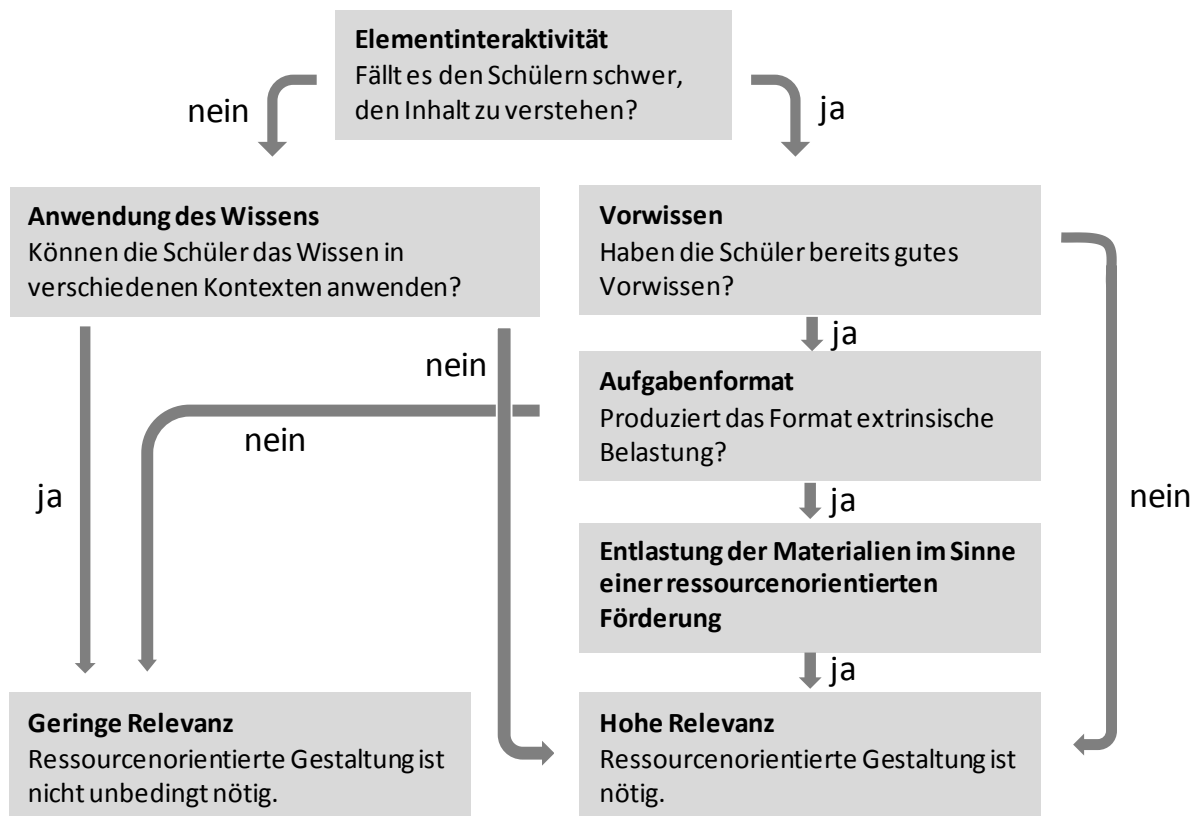


Abbildung 10 Flussdiagramm nach Tuovinen (2000): Wann ist eine ressourcenorientierte Gestaltung notwendig?

Die Vorteile der im Sinne der Cognitive Load Theory gestalteten Materialien zeigen sich sowohl in besseren Leistungen beziehungsweise größerem Lernzuwachs als auch in einer geringeren Bearbeitungszeit (Paas, Renkl & Sweller, 2004). Daher ist davon auszugehen, dass den Probanden ermöglicht wurde, ihre Lernzeit effektiver zu nutzen als dies bei konventionellem Material möglich gewesen wäre. Einschränkend ist an dieser Stelle anzumerken, dass es kaum Studien zur Cognitive Load Theory im Grundschulbereich gibt. Ein direkter Transfer dieser Einschätzung ist aufgrund der geringeren Leistungen der Schüler im Vergleich zu Jugendlichen und Erwachsenen nicht ohne Weiteres zulässig und bedarf einer empirischen Prüfung.

Paas, Tuovinen, van Merriënboer und Darabi (2005) geben zu bedenken, dass bei der Idee der Cognitive Load-Forscher, die Effizienz von Aufgaben aus der Menge aufgebrauchter kognitiver Ressourcen und der gezeigten Leistung zu berechnen, der Aspekt der Motivation zu wenig berücksichtigt werde. Auf der Grundlage von Theorien zur Rolle der Motivation bei Lernprozessen sowie aus ihren Analysen vorliegender Daten aus dem Feld der Cognitive Load Theory leiten sie ab, dass Schüler dann bereit sind, sich vertiefend mit Aufgaben auseinanderzusetzen (und damit mehr Ressourcen einzubringen), wenn sie besonderes Interesse haben und eine höhere Motivation mitbringen. Über die Motivation kann nach dieser Argumentation die Anstrengungsbereitschaft gesteigert werden, was in der Folge auch zu

besseren Leistungen führt. Als Möglichkeit zur Steigerung der Motivation geben die Autoren an, wechselnde Aufgabentypen zu präsentieren, in denen die Schüler erlernte Inhalte anwenden können.

Diese Überlegungen geben Anlass, die Rolle der Motivation für die Nutzung und Belastung kognitiver Ressourcen in den Blick zu nehmen. Zander (2010) hat zwei Studien zur Bedeutung motivationaler Lernvoraussetzungen im Rahmen der Cognitive Load Theory durchgeführt, die implizieren, Motivation als festen Bestandteil in die Theorie zu integrieren, ähnlich wie dies inzwischen bereits für das Vorwissen geschehen ist.

Motivation und Interesse eines Lernalers sind jedoch nicht zuletzt abhängig von der Verständlichkeit der jeweiligen Aufgabe (Eccles & Wigfield, 2002), so dass nicht auszuschließen ist, dass eine wechselseitige Wirkung vorliegt. Je klarer eine Aufgabe ist, desto eher ist ein Lerner bereit, sich mit ihr zu befassen und umso mehr Interesse kann er dann auch am Inhalt entwickeln. Ist das Interesse hoch, zeigt er mehr Anstrengungsbereitschaft und investiert mehr Ressourcen. Auf diese Weise könnten sich ein klares ressourcenorientiertes Instruktionsdesign und das Interesse beziehungsweise motivationale Bedingungen gegenseitig verstärken und somit zu einer erhöhten Aktivierung und besseren Lernergebnissen führen.

### 2.7.5 Zusammenfassung: Cognitive Load Theory

Die Cognitive Load Theory ist eine instruktionspsychologische Theorie, die vor allem Sweller (1988, 1989) entwickelt hat. Sie basiert auf der Annahme, dass lediglich eine begrenzte kognitive Kapazität zur Verfügung steht und daher bei anspruchsvollen Aufgaben die Gefahr der Überlastung besteht. Die kognitive Belastung, die beim Lernen entsteht, ist in intrinsische, extrinsische und lernbezogene Belastung zu unterteilen. Die intrinsische Belastung beschreibt die Elementinteraktivität und damit im Grunde die Komplexität der Aufgabe. Extrinsische Belastung entsteht durch gestalterische Merkmale der Aufgaben und ist daher für den tatsächlichen Lernprozess nicht notwendig. Vielmehr kann sie im Gegenteil sogar hinderlich sein. Die lernbezogene Belastung dagegen ergibt sich aus den Prozessen, die am Lernen selbst beteiligt sind. Daraus folgt der Grundsatz, dass der lernbezogenen Belastung möglichst viele Ressourcen eingeräumt werden und Lernaktivitäten angeregt werden sollten, die eine tiefe Verarbeitung und damit lernbezogene Belastung ermöglichen.

Im Rahmen der Theorie wurden und werden deshalb Gestaltungsprinzipien für Lernmaterial entwickelt und evaluiert, die eine möglichst optimale Nutzung der kognitiven Ressourcen, vor allem des Arbeitsgedächtnisses, ermöglichen. Gegenstand der empirischen Beiträge, die sich mit der kognitiven Belastung von Aufgaben und Effekten des Instruktionsdesigns befassen, sind in erster Linie komplexe Problemlöseaufgaben und das multimediale Lernen. Ein direkter

Transfer auf Inhalte der Grundschule sowie die Ableitung von Gestaltungsprinzipien für Übungsmaterialien, wie sie in der vorliegenden Arbeit vorgesehen ist, fehlen bisher.

Die Cognitive Load Theory stellt ein gutes Rahmenmodell für die vorliegende Fragestellung dar. Diese orientiert sich an der Grundidee der Theorie und bezieht das Modell der drei Arten kognitiver Belastung auf einfaches *paper-pencil*-Material, das zu Übungen im Unterricht eingesetzt wird. Damit hebt sich die Arbeit deutlich von den bisher vorliegenden Studien ab, indem die theoretischen Grundlagen auf einen anderen, weniger komplexen Gegenstand und eine neue Zielgruppe angewendet werden. Auch werden die einzelnen Aspekte kognitiver Belastung nicht während der Bearbeitung erfasst, sondern die bereits bekannten Effekte und Gestaltungsprinzipien fließen in die Konzeption der Materialien ein. Im nächsten Abschnitt werden daher Prinzipien erarbeitet, die sich aus der Cognitive Load Theory und der weiteren bisherigen Darstellung ableiten lassen.

## 2.8 Empfehlungen zur Gestaltung von Lernmaterial

Aus den dargestellten theoretischen Modellen und empirischen Befunden sowie ergänzenden Hinweisen aus der Literatur werden nun Empfehlungen hergeleitet, denen eine ressourcenorientierte Gestaltung von Lernmaterialien folgen sollte. Ausgehend vom Prozess-Produkt-Paradigma (Kapitel 2.1), nach dem die Lernleistung den Output darstellt, bieten sich zwei Ansatzpunkte, Lernen und Lernförderung zu optimieren. Einerseits können die Prozesse im Sinne Slavins QAIT-Modells (1984, 1994) optimiert werden, indem die Qualität der Instruktionen und deren inhaltliche Passung den Lernprozess unterstützen und ausreichende Lernzeit sowie die Bereitschaft der Lernenden gewährleistet werden (Kapitel 2.1). Um diese Anforderungen zu erfüllen, ist es andererseits von grundlegender Bedeutung, die Inputvariablen auf Schülerseite zu berücksichtigen, wie dies im Rahmen der Cognitive Load Theory (Kapitel 2.7) erfolgt. Das Modell guter Informationsverarbeitung (Kapitel 2.1.2) bietet einen fundierten theoretischen Hintergrund und praktische Hinweise, welche lernerseitigen Merkmale besonders zu beachten sind, wenn man Informationsverarbeitungsprozesse entlasten möchte. Hier werden Arbeitsgedächtnis, Aufmerksamkeit, Vorwissen, Strategien sowie Motivation und Selbstkonzept als entscheidende Faktoren herausgestellt. Nun stellt sich die Frage, wie Lernmaterialien gestaltet sein müssen, wenn sie die limitierten Ressourcen des Arbeitsgedächtnisses und der Aufmerksamkeit berücksichtigen sollen. Dazu werden Beiträge der Schulbuchforschung, der Didaktik sowie pädagogisch-psychologische Erkenntnisse herangezogen.

### 2.8.1 Instruktionsdesign in Schulbuchforschung und Didaktik

Im englischsprachigen Raum und einigen weiteren europäischen Ländern hat sich das Instruktionsdesign (*instructional design*) als Disziplin etabliert. Niegemann (2009) nennt als zentrale Herausforderung des Instruktionsdesigns, Lernmaterialien so zu gestalten, dass sie Lerner mit unterschiedlichen Voraussetzungen darin unterstützen, sich Inhalte erfolgreich anzueignen. Gräsel und Gniewosz (2011) ordnen das Instruktionsdesign darüber hinaus klar den kognitivistischen Ansätzen zu und stellen es dem konstruktivistisch geprägten selbstregulierten Lernen gegenüber. Die Frage, welche Prinzipien und Gestaltungsmerkmale Lernprozesse fördern und welche sie behindern, stellt sich jedoch unabhängig von lerntheoretischen Annahmen. Auch – oder gerade – beim selbstgesteuerten Lernen müssen Aufgaben für Lerner schließlich verständlich und leicht zugänglich sein. Um Hinweise auf gelungene Aufgabengestaltung zu erarbeiten, werden im Instruktionsdesign Erkenntnisse pädagogisch-psychologischer Forschung systematisch genutzt (Niegemann, 2009). Dieses Vorgehen ist im deutschsprachigen Raum dagegen nicht in gleichem Maße üblich.

Aufgaben, mit denen Schüler lernen und üben, stammen überwiegend aus Schulbüchern und zugehörigen Begleitheften. Daher wäre es naheliegend, dass im Rahmen der Schulbuchentwicklung und begleitender Forschung Hinweise erarbeitet werden, nach welchen Kriterien Aufgaben zu erstellen sind und welche Merkmale geeignete Aufgaben ausmachen. Eine Sichtung der Publikationen aus diesem Feld ergibt, dass durchaus Empfehlungen gegeben und Kriterien erarbeitet werden, die Schwerpunkte aber auf anderen Aspekten der Aufgaben liegen als in der Instruktionspsychologie. In erster Linie werden Inhalte, Aufbau und Struktur sowie Logik der Lehrwerke behandelt. Lediglich vereinzelt finden sich Hinweise auf Gestaltungsmerkmale im Sinne der Cognitive Load Theory. So nennen beispielsweise Doll und Rehfinger (2012) Aufgaben zur Entlastung des Arbeitsgedächtnisses als Kategorie einer Mikroanalyse von Schulbüchern, liefern aber zu diesem Thema keine Erläuterungen oder gar empirisch gewonnene Daten.

Aus dem Feld kompetenzorientierten Unterrichts, der im Zuge der Einführung der Bildungsstandards gefordert wird, kommen einige Beiträge, die thematisieren, wie Aufgaben konzipiert werden müssen, damit sie die Anforderungen kompetenzorientierten Unterrichts erfüllen können (Blum, Drüke-Noe, Leiß, Wiegand & Jordan, 2005; Bölsterli, Rehm & Wilhelm, 2010; Drieschner, 2010).

Zwar findet sich in der Didaktik eine zunehmende Anzahl theoretischer und empirischer Arbeiten sowie Praxisleitfäden zu Aufgaben und Aufgabenentwicklung (Bremerich-Vos, 2008; Büchter & Leuders, 2005; Kiper, Meints, Peters, Schlump & Schmit, 2010; Köster, Lütgert, &

Creutzburg, 2004; Thonhauser, 2008), jedoch behandeln diese vorwiegend inhaltliche Fragen und weniger Merkmale im Sinne eines ressourcenorientierten Instruktionsdesigns.

Richter (2009) hat ein System entwickelt, das bei der Gestaltung von Aufgaben helfen soll und zieht dazu unter anderem die Cognitive Load Theory sowie daraus abgeleitete Instruktionsprinzipien heran. Das Verfahren sieht mehrere Entscheidungsschritte vor und führt von der Festlegung von Lernergebnissen zu einem bestimmten Themenbereich über die Sammlung und anschließende Systematisierung von Aufgaben und die Integration von Motivationsstrategien sowie den Abgleich mit Gestaltungsrichtlinien zu einem Pool guter Aufgaben. Dabei werden eine klare Formulierung der Instruktion sowie die Transparenz der Anforderungen angestrebt und in mehreren Schritten überprüft. Allerdings ist dieses System sehr komplex und im besten Falle für fortgeschrittene Lerner sowie entsprechend komplexe Lerngegenstände geeignet.

Insgesamt ist festzustellen, dass durchaus empirische Studien zur Aufgabengestaltung existieren, diese aber zum größten Teil der Schulpädagogik und Didaktik zuzuordnen sind. Deren inhaltliche Ziele richten sich meist auf übergeordnete, eher prozessferne Aspekte wie die historische Entwicklung, den Lebensweltbezug oder inhaltliche Fragen. Differenzielle Analysen zur konkreten Gestaltung von Aufgaben und insbesondere zur Bedeutung der kognitiven Belastung sowie den Einfluss auf den Lernerfolg sind hingegen äußerst selten. Im Folgenden soll nun dargestellt werden, welche Implikationen für das Instruktionsdesign sich aus dem Feld der pädagogisch-psychologischen Forschung ableiten lassen.

### **2.8.2 Instruktionsdesign in pädagogisch-psychologischer Forschung**

Die pädagogisch-psychologische Forschung liefert bereits einige Hinweise darauf, wie Instruktionsdesign insbesondere auf die Bedürfnisse schwacher Lerner abgestimmt werden kann. Souvignier (2003) nennt allgemeine Anforderungen, welche Interventionen bei Kindern mit Lernschwierigkeiten erfüllen sollten. Dazu gehören direkte und strukturierte Instruktion, die Möglichkeit, konzentriert zu arbeiten, Zeit für strukturierte Übung sowie die Unterstützung des Gebrauchs von Lernstrategien. Souvignier selbst merkt an, dass diese Prinzipien zu allgemein sind, um sie für empirische Untersuchungen oder praktische Handreichungen zu nutzen. Dennoch sind diese Forderungen aus dem Modell der guten Informationsverarbeitung (Pressley, Borkowski & Schneider, 1989; Kapitel 2.1.2) abgeleitet und als Zielvorstellung durchaus brauchbar. Allerdings müssen auch die empirischen Belege für den Einfluss der einzelnen Aspekte erarbeitet werden, wie dies zum Teil im Rahmen der Forschung zur Unterrichtsqualität bereits geschieht (Peek & Neumann, 2006; Scheerens, 1997; Scheerens & Bosker, 1997; Kapitel 2.1.1). Aus dieser wurden bereits mehrere förderliche Faktoren

abgeleitet, von denen für die hier thematisierten Übungsaufgaben vor allem die effiziente Nutzung der Lernzeit und die strukturierte Instruktion maßgeblich sind.

Darüber hinaus sind aber Merkmale zu untersuchen, die noch näher am Lernprozess zu verorten sind und deutlich konkretere Aussagen zulassen. Bilder stellen ein beliebtes Designelement dar, mit dem Aufgaben ansprechend und interessant gestaltet werden sollen. Die Arbeit von Berger (2012) enthält eine der wenigen Studien, in denen der Einsatz von Bildern in Lernmaterial systematisch untersucht wird. Die Autorin zieht Modelle aus unterschiedlichen Disziplinen heran und führt eine empirische Untersuchung durch, um herauszuarbeiten, in welchen Fällen und unter welchen Umständen Bilder und Animationen den Lernerfolg im Physikunterricht fördern. Sie arbeitet mit Gymnasialschülern und daher mit speziellen und relativ komplexen Inhalten, gibt aber Gestaltungsempfehlungen, die auch für einfachere Inhalte geeignet scheinen. Im Großen und Ganzen bestätigt sie die hier formulierten Vorschläge, welche zu einer klaren Strukturierung, hoher Transparenz und guter Verständlichkeit führen sollen.

Tücke und Schnittger-Bähr (1998) fanden jedoch in einer Studie, welche sie in Anlehnung an Samuels (1970) entwickelt haben, Hinweise, dass eine vermeintlich kindgerechte Gestaltung von Leseaufgaben mit Hilfe von Bildern das Lesenlernen sogar behindern kann. Sie argumentieren mit Marx' (1985) Theorie zum Zusammenhang zwischen Aufmerksamkeitsverhalten und Leseschwierigkeiten, nach der zusätzliche Informationen ungünstige Aufmerksamkeitsstrategien fördern können. Am Beispiel des Lesens zeigt sich dies, wenn Kinder sich stärker an den ergänzten Informationen orientieren als am zu lesenden Wort selbst (Harber, 1980). Dies scheint sich vor allem für schwache Lerner nachteilig auszuwirken, wie Harber (1983) in einer Studie zeigen konnte.

Diese Hinweise sprechen keineswegs dafür, gänzlich auf Bilder zu verzichten, sondern fordern vielmehr, Kosten und Nutzen sorgfältig abzuwägen. Es ist demnach zu klären, welchen Zweck Bilder erfüllen sollen und welche kognitiven Be- oder Entlastungen sie mit sich bringen. Nur so können sie zweckgebunden und zugleich ressourcenorientiert eingesetzt werden. Diese Überlegung kann als grundsätzliche Herangehensweise gelten: Gestaltungselemente sollten so ausgewählt werden, dass sie möglichst gut auf die Lernervoraussetzungen abgestimmt sind. Sie sind demnach zielgerichtet zu wählen und sollen dabei die kognitiven Ressourcen optimal ausnutzen.

Grünke (2008) verfolgt dazu einen ähnlichen Ansatz wie die vorliegende Studie, denn er erarbeitet Bedingungen erfolgreichen Lernens und berücksichtigt dabei einerseits die Voraussetzungen, die Lerner mitbringen und andererseits die Anforderungen, die die Aufgabenstruktur erfüllen muss. Aus seiner Darstellung der kognitiven Strukturen und der

Funktionsweise des Arbeitsgedächtnisses sowie des Modells der Cognitive Load Theory nach Sweller (1988, 1994; Kapitel 2.7) leitet er vier Grundannahmen ab, welche zur Gestaltung effektiver Methoden und Materialien herangezogen werden sollen: (1) Schwache Lerner, die über geringe kognitive Ressourcen und wenig Vorwissen verfügen, benötigen viele Vorgaben und Hilfestellungen. (2) Die Komplexität von Lerninhalten muss auf die kognitiven Ressourcen und das Vorwissen der Lerner abgestimmt werden, um im Sinne Vygotskys (1987) in der Zone der nächsten Entwicklung arbeiten zu können. (3) Lerninhalte, die unterschiedliche Anforderungen stellen, können effektiver bearbeitet werden, wenn sie nacheinander dargeboten werden, da die extrinsische Belastung andernfalls unnötig erhöht wird. (4) Schwache Lerner lernen erfolgreicher, wenn Ziele und Instruktionen klar vorgegeben sind, denn Lernwege, -methoden und -ziele eigenständig auszuwählen, setzt sehr gutes metakognitives Wissen voraus und stellt insbesondere für schwächere Schüler eine Überforderung und somit ein Lernhindernis dar (Bannert, 2004; Lauth & Grünke, 2005; Krajewski & Ennemoser, 2010; Kapitel 2.5).

Berücksichtigt man die drei Arten kognitiver Belastung nach der Cognitive Load Theory, ergeben sich ebenfalls drei zentrale Anforderungen, die zu den genannten passen: De Jong (2010) empfiehlt, immer an das Vorwissen der Lerner anzuknüpfen, um den Grad der intrinsischen Belastung regulieren zu können. Zudem gibt er als wichtiges Kriterium vor, auf unwichtige, verwirrende Informationen im Sinne von *seductive details* zu verzichten, was die extrinsische Belastung reduziert. Um verstärkt lernbezogene Aktivitäten zu fordern, sollen Aufgaben gewählt werden, die tiefes Verständnis und den Aufbau konzeptuellen Wissens ermöglichen. Dabei ist besonders wichtig, dass sich die Darstellung an der jeweiligen Struktur des Gegenstands orientiert. Dazu gehört, dass Formate nicht unnötig wechseln, sondern gleiche Strukturen auch auf die gleiche Art präsentiert werden (auch Grünke, 2008).

Zudem sind nach der Cognitive Load Theory sämtliche negativen Effekte zu vermeiden, die die extrinsische Belastung unnötig erhöhen (z.B. *split attention*, *redundancy*), um Aufmerksamkeit und Arbeitsgedächtnis nicht übermäßig zu beanspruchen, während die Wirkung unterstützender Effekte verstärkt zu nutzen ist (z.B. *worked example*; van Merriënboer & Sweller, 2005; Kapitel 2.7.3). Natürlich ist ebenso zu beachten, dass manche Effekte bei starken Lernern abgeschwächt oder gar umgekehrt wirken (*expertise reversal*; Kalyuga, Ayres, Chandler & Sweller, 2003; Schnotz & Kürschner, 2007; Sweller, 2004; Kapitel 2.7.3).

Krajewski und Ennemoser (2010) ergänzen drei weitere wichtige Aspekte. Zunächst betonen sie, dass Lernziele und Lernwege für den Lerner klar und sichtbar sein müssen. Zudem schlagen sie vor, komplexe Inhalte anzugehen, indem Lerner zunächst an einfachen Beispielen arbeiten und erst danach einen Transfer auf komplexe Situationen folgt. Beispiele können auch im Sinne



von *worked examples* vorgegeben werden, damit Lösungswege verdeutlicht werden (Kapitel 2.7.3).

Darüber hinaus plädieren Krajewski & Ennemoser (2010) dafür, zunächst Basiswissen aufzubauen und dies zu automatisieren, um bereichsspezifisches Wissen zur Verfügung zu stellen (siehe auch Owen & Sweller, 1989; Kapitel 2.4) und Informationsverarbeitungsprozesse zu entlasten. Durch die Automatisierung können Aufmerksamkeits- und Arbeitsgedächtnisressourcen geschont werden (LaBerge & Samuels, 1974; Sweller, van Merriënboer & Paas, 1998; Kapitel 2.2.4, 2.3.2).

Nachdem nun theoretische Grundlagen und der Forschungsstand dargestellt wurden, soll im folgenden Abschnitt herausgearbeitet werden, wie Empfehlungen für die Gestaltung von ressourcenorientierten Aufgaben konkret aussehen.

### 2.8.3 Prinzipien ressourcenorientierter Gestaltung von Lernmaterial

Aus den bisher dargestellten theoretischen Annahmen und empirischen Befunde kristallisieren sich die folgenden sechs Aspekte heraus, welche als grundlegende Prinzipien ressourcenorientierter Lernförderung festgehalten werden sollen:

- (1) auf das Vorwissen abgestimmte Anforderungen
- (2) sichtbares Lernziel und intuitiv erkennbare Lösungswege
- (3) eindeutige Darstellung
  - Verzicht auf irrelevante und ablenkende Elemente (*seductive details*)
  - klare Darstellung intuitiv nicht erfassbarer Strukturen
  - keine unnötigen Wechsel der Formate
  - räumlich nahe und integrierte Darstellung zusammengehöriger Informationen (*redundancy, split attention*)
- (4) Beispiele mit späterem Transfer auf komplexe Anforderungen (*worked examples*)
- (5) Aufbau und Automatisierung inhaltspezifischen Basiswissens

Diese Prinzipien befolgen insgesamt die Vorgabe, klar strukturierte Aufgaben zu erstellen und die Lernzeit effektiv zu nutzen (Scheerens & Bosker, 1997; Kapitel 2.1.1) und erfüllen zudem die im QUAIT-Modell (Slavin, 1984, 1994; Kapitel 2.1.1) formulierten Kriterien: Lerner können die Aufgabenstellung schneller und leichter verstehen, was sicherlich zur Qualität der Instruktion beiträgt (*quality*). Zudem werden die Anforderungen auf diese Weise sowohl inhaltlich als auch zu den kognitiven Ressourcen passend ausgewählt (*appropriateness*). Wenn Ziele und Aufgaben schnell und intuitiv zu erkennen sind, bleibt mehr Zeit, um sich der

tatsächlichen Übung zu widmen (*time*) und es ist davon auszugehen, dass sich bessere Lernerfolge einstellen, was wiederum mit erhöhter Motivation und Lernbereitschaft einhergehen dürfte (*incentive*). Langfristig sind auch positive Effekte auf das Selbstkonzept nicht auszuschließen (Calsyn & Kenny, 1977; Kapitel 2.6).

Einige der genannten Anforderungen gelten besonders im Kontext multimedialen Lernens. Theoretisch ist zu erwarten, dass sich die Empfehlungen für die Gestaltung guter Lernaufgaben auf klassische Übungsaufgaben im *paper-pencil*-Format übertragen lassen, die Schüler eigenständig bearbeiten, wie dies in Übungsphasen im Unterricht, aber auch bei den Hausaufgaben häufig der Fall ist. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit bleibt dies allerdings empirisch zu prüfen.

Die oben stehenden Ausführungen verdeutlichen, dass es vor allem im Grundschulalter und bei schwachen Schülern wichtig ist, die vorhandenen Ressourcen zu berücksichtigen, indem Lernmaterialien so gestaltet werden, dass sie möglichst wenige Ressourcen beanspruchen. Bereits seit Längerem vorhandene Hinweise, wie sie sich beispielsweise bei Samuels (1970), Marx (1985) oder Tücke und Schnittger-Bähr (1998) finden und wie sie aus der Cognitive Load Theory hervorgehen, stellen wichtige Grundlagen für eine empirisch fundierte Aufgabengestaltung dar. Vereinzelt sind bereits in Praxisleitfäden Empfehlungen enthalten, die im Sinne der hier dargestellten theoretischen Annahmen und empirischen Befunde eine reduzierte Darstellung, kleine Einheiten, klare und direkte Instruktion, Wiederholung und starke Strukturierung der Lerninhalte fordern. Dies gilt jedoch in erster Linie für die Förderung von aufmerksamkeitsschwachen Kindern (z.B. Born & Oehler, 2009a; Born & Oehler, 2009b). Krajewski und Ennemoser (2010) kritisieren allerdings, dass dieser Grundsatz weder in der Praxis der schulischen Lernförderung noch in Trainings und Förderprogrammen systematisch beachtet wird. Eine ähnliche Einschätzung findet sich auch bei Brünken, Koch und Jänen (2009). Eine Sichtung von Übungsheften für Grundschüler bestätigt dieses Bild überwiegend. Daher folgen im nächsten Abschnitt zwei Beispiele aus gängigen Übungsheften, welche auf be- und entlastende Aspekte untersucht werden.

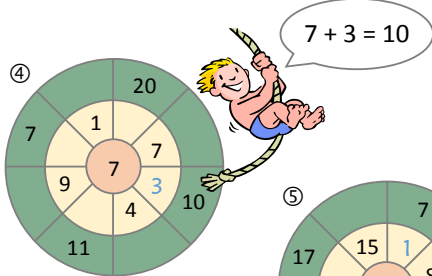
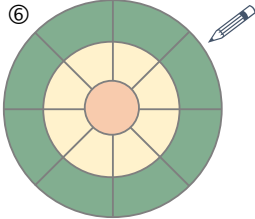
#### 2.8.4 Beispiele regulärer Übungsformate

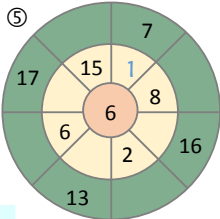
Bei der Sichtung von Übungsheften aus dem Bereich Mathematik und Rechtschreiben, welche als Unterrichtsmaterial häufig zum Einsatz kommen, finden sich zahlreiche Beispiele, bei denen die oben erarbeiteten Gestaltungsprinzipien nicht ausreichend berücksichtigt werden. Dabei sind einzelne Darstellungen äußerst ungünstig und zusätzlich werden unterschiedliche Aufgabenformate gemischt, was die geforderte Transparenz der Anforderungen deutlich reduziert. Im Folgenden soll je ein Beispiel zum Rechnen und Rechtschreiben dargestellt und

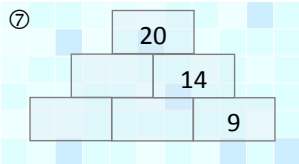
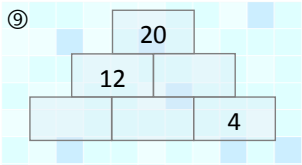
be- sowie entlastende Elemente herausgearbeitet werden. Die Aufgaben dienen zudem als Grundlage für die in der vorliegenden Studie entwickelten Materialien.

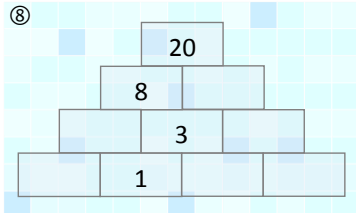
Im Beispiel aus dem Bereich Mathematik werden auf einer Seite drei verschiedene Formate kombiniert (Abbildung 11). Das Lernziel ist nicht klar formuliert. Aus den Aufgaben lässt sich ableiten, dass es um die Übung von Additionsaufgaben im Zahlenraum bis 20 geht. Zusätzlich soll das Prinzip der Tauschaufgaben thematisiert werden.

①  $3 + 10 =$        ②  $4 + 10 =$        ③  $5 + 10 =$    
 $10 + 3 =$         $10 + 4 =$         $10 + 5 =$    
 $2 + 10 =$         $8 + 10 =$         $9 + 10 =$    
 $10 + 2 =$         $10 + 8 =$         $10 + 9 =$    
 $1 + 10 =$         $7 + 10 =$         $6 + 10 =$    
 $10 + 1 =$         $10 + 7 =$        \_\_\_\_\_  
 $2 + 10 =$         $10 + 10 =$         $5 + 10 =$    
 $10 + 2 =$        \_\_\_\_\_      \_\_\_\_\_

④       ⑥ 

⑤ 

⑦       ⑨ 

⑧ 


9 

Abbildung 11 Beispiel nach Das Übungsheft Klasse 2 (Keller& Pfaff, 2010, S. 9)

Während im oberen Teil der Seite Aufgaben in der konventionellen Schreibweise dargeboten werden, weichen die beiden Aufgabenformate in der unteren Hälfte deutlich davon ab.

Die ersten drei Aufgaben sind insgesamt klar strukturiert, intuitiv verständlich und geben die Möglichkeit, das Kommutativgesetz zu nutzen, also zu erkennen, dass es möglich ist, die beiden Summanden zu tauschen, ohne dass sich am Ergebnis etwas ändert. Am Ende sind jedoch Lücken eingebaut, welche lediglich durch einen Strich gekennzeichnet sind. Hier bleibt unklar, ob eine Aufgabe eingetragen werden soll. Sollte dies der Fall sein, ist die Aufgabe  $10 + 10 =$  ungeschickt gewählt, da die Tauschaufgabe identisch mit der dargebotenen Aufgabe ist.

Die Rechenräder in der Mitte enthalten eine Beispielaufgabe und den ergänzenden Hinweis des Jungen, dass man hier addieren muss, was zum Aufgabenverständnis beiträgt. Dass der Junge sich an einem Seil durch das Bild schwingt, spielt für die Aufgabe keine Rolle und stellt demnach ein potenziell ablenkendes Element dar. Die Darstellung weicht von der Konvention ab und birgt ein großes Potential für Missverständnisse: Die Färbung wie auch die Relationen der Flächen könnten als inhaltlich relevant angenommen werden. Zum Beispiel könnte eine größere Fläche eine größere Zahl bedeuten oder die gleich gefärbten Felder könnten etwas gemeinsam haben. Die Auswahl der Aufgaben lässt zudem keine Regelmäßigkeit erkennen und fördert somit keine Strategieanwendung.

Bei den Rechenmauern müssen die Schüler selbst erschließen, welche Operation sie vornehmen sollen, da kein Beispiel gegeben wird. Zudem irritiert das Muster, mit dem die Aufgaben hinterlegt sind. Auch bei den Kästchen könnte man davon ausgehen, dass sie eine Bedeutung haben, so dass sie unter Umständen ebenfalls von der eigentlichen Aufgabe ablenken. Zudem wird hier nicht die Chance genutzt, den Bezug zwischen Zahl und repräsentierter Größenausdehnung zu visualisieren, da alle Kästchen der Rechenmauern gleich groß sind.

Im Rechtschreiben dient ein Räselformat als Beispiel (Abbildung 12). Das Ziel des Silbenrätsels ist laut Überschrift die Übung des P-Lauts als Anlaut und Inlaut. Es ist unklar, warum die Silbenstruktur als Format gewählt wird, denn diese spielt für die Schreibung des P-Lauts keine Rolle. Darüber hinaus enthält der Schwerpunkt keine besondere Herausforderung, da die Schreibung des P-Lauts kaum Alternativen erlaubt.

Unterstützend bei der Bearbeitung wirkt das vorgegebene Beispiel. Ungünstig ist hingegen, dass die Aufgabenstellung *unter* der Übung steht, da dies dazu verleitet, die Aufgabe zu bearbeiten, ohne die Instruktion zu lesen und es besteht die Gefahr, die Instruktion ganz zu übersehen.

## P als Anlaut und Inlaut

## Silbenrätsel

## Wünsche der Kinder zum Geburtstag

T	r		o	m	p	e <sup>5</sup>	t	e					Trom- tel pum
			<sup>3</sup>								<sup>7</sup>		Ta- map ne
								<sup>10</sup>					Luft- pa te
<sup>1</sup>													Klapp- pe gei
					<sup>8</sup>	<sup>12</sup>							Po- pe pier
			<sup>9</sup>										Wip- sau lam
			<sup>4</sup>										Pa- pa schen
						<sup>2</sup>							Heft- pe pe
					<sup>11</sup>							<sup>6</sup>	Bas- pe rad

Lösungswort: \_\_\_\_\_


1.  Setze die Silben richtig zusammen und trage die Wörter in das Silbenrätsel ein. Schreibst du die nummerierten Buchstaben richtig auf, findest du das Lösungswort heraus.



Abbildung 12 *Beispiel nach Übung macht den Meister Rechtschreib-Übungsheft mit klassenbezogener Lernwörterammlung (Wetter, 1999, S. 9)*

Die Anzahl und Anordnung der vorgegebenen Silben sind verwirrend und stellen zudem eine starke Belastung des Arbeitsgedächtnisses dar. Die jeweils erste Silbe steht in der ersten Spalte, aber die weiteren Silben sind willkürlich auf die folgenden Spalten verteilt, obwohl die Einteilung in Spalten annehmen lässt, dass die Silben nach ihrer Position im Wort sortiert sind. Darüber hinaus ist unklar, warum die erste Silbe mit einem Bindestrich abschließt, die anderen Silben aber ohne dargestellt sind. Außerdem fehlt jeder Hinweis auf das Zielwort, zum Beispiel in Form eines Bildes. Der einzige Anhaltspunkt, welcher das Thema erraten lässt, ist die Überschrift „Wünsche der Kinder zum Geburtstag“. Allerdings erfährt der Leser nicht, um

welche Wörter es sich in dem Rätsel konkret handelt. Wünsche zum Geburtstag gehören nicht zu einem klar definierten Wortfeld oder einer Wortfamilie, so dass die Überschrift keine hilfreichen Informationen liefert. Die Lerner stehen daher vor der Herausforderung, alle Silben einzeln durchzugehen und zu prüfen, ob sie zu dem jeweiligen Wortanfang passen könnten. Auf diese Weise ist eine sehr große Anzahl von Trial-und-Error-Durchgängen möglich, was Aufmerksamkeits- und Arbeitsgedächtnisressourcen in hohem Maße beansprucht, so dass hier eine erhebliche extrinsische kognitive Belastung entsteht.

Nachteilig für den Lerneffekt ist außerdem, dass die Schüler am Ende das richtig geschriebene Wort ausschließlich in der Rätselform sehen, so dass das Wortbild nicht klar erkennbar ist, da es durch die einzelnen Kästchen aufgelöst ist. Auf diese Weise ist es kaum möglich, das Wort als Ganzes zu speichern oder hilfreiche sublexikalische Einheiten zu erkennen, abzuspeichern und für künftige Schreibungen zu nutzen.

Zudem ist das Bild des sprechenden Hundes ablenkend. Die Aussage „Wenn du Gedanken lesen kannst, weißt du, was ich mir wünsche.“, ist für die Aufgabe irrelevant und daher potenziell ablenkend. Daher erfüllt dieses Element die Kriterien eines *seductive details*, trägt nicht zum Verständnis bei und stellt somit eindeutig eine unnötige extrinsische Belastung dar.

## 2.9 Zusammenfassung: Theoretischer Hintergrund

In der vorliegenden Arbeit steht die Frage im Zentrum, welchen Einfluss die Gestaltung von Lern- und Arbeitsmaterialien auf die Übungsleistung von Grundschulern hat. Dabei liegt der Fokus auf Kindern, die schwache Lernvoraussetzungen mitbringen. In der Literatur finden sich bereits einige Hinweise, welche Methoden und Prinzipien sich in der Förderung insgesamt, besonders aber für schwache Schüler bewährt haben. Im Sinne des Prozess-Produkt-Paradigmas wurden dazu die Effekte einzelner Maßnahmen auf die Leistung untersucht und als besonders wichtige Aspekte haben sich eine ausreichende und gut genutzte Lernzeit sowie klare, strukturierte Instruktion erwiesen (Scheerens & Bosker, 1997; Slavin, 1984, 1994). Im Rahmen pädagogisch-psychologischer Forschung hat sich zudem gezeigt, dass intensive und strukturierte Übungsphasen vor allem für schwache Lerner wichtig sind (Lauth & Grünke, 2005; Souvignier & Gold, 2006), auch um eine erhöhte Automatisierung von Teilfertigkeiten zu erreichen und damit weitere Lernprozesse zu entlasten (LaBerge & Samuels, 1974; Sweller, van Merriënboer & Paas, 1998).

Um aber eine fundierte Aussage darüber treffen zu können, wie Materialien gestaltet werden müssen, wenn sie Kinder im Lern- beziehungsweise Übungsprozess möglichst wirksam unterstützen sollen, ist es erforderlich, die beim Lernen ablaufenden kognitiven Prozesse zu

kennen. Psychologische Modelle liefern Hinweise, welche Bedingungen zu erfolgreichem Lernen beitragen. Daher werden Erkenntnisse des Modells der guten Informationsverarbeitung und der Cognitive Load Theory herangezogen. Während Pressley, Borkowski und Schneider (1989) in ihrem Modell der guten Informationsverarbeitung empirisch überprüfte Faktoren darstellen, welche als Voraussetzungen für erfolgreiches Lernen gelten können, liefert die Cognitive Load Theory Hinweise, wie Instruktionsdesign ressourcenschonend gestaltet werden kann.

Als vorrangige Ressourcen guter Informationsverarbeitung sind (1) im Langzeitgedächtnis verfügbares Vorwissen, (2) Aufmerksamkeits- und Gedächtnisfunktionen, (3) Nutzung und Regulation von Strategien sowie (4) motivationale Disposition und Selbstkonzept zu nennen (Pressley, 1994; Pressley, Borkowski & Schneider, 1989).

Eine besondere Rolle kommt dem Arbeitsgedächtnis und der Aufmerksamkeit zu, da sie als „Flaschenhals“ in der Informationsverarbeitung einen limitierenden Faktor darstellen (Broadbent, 1958; Hasselhorn & Gold, 2009). Daher müssen sie bei der Gestaltung von Lern- und Übungsmaterial in besonderem Maße berücksichtigt werden. Inhaltsspezifisches Vorwissen (Grünke, 2006; Hasselhorn & Gold, 2009; Kalyuga, 2005) und gut vermittelte Strategien (Grünke, 2006; Lauth & Grünke, 2005) haben dagegen das Potential, Schwächen in anderen Bereichen zu kompensieren. Selbstkonzept und Motivation übernehmen darüber hinaus eine mediiierende Funktion (Martschinke & Kammermeyer, 2006).

Die Grundidee der Cognitive Load Theory nach Sweller (1988, 1989) und Sweller und Chandler (1991) ist, das Instruktionsdesign auf die kognitiven Voraussetzungen und insbesondere die Arbeitsgedächtnisleistungen von Lernenden abzustimmen (Mayer & Moreno, 2010). Der Cognitive Load Theory liegt die Annahme zugrunde, dass es bei Überschreiten der vorhandenen kognitiven Kapazität zu einer Überlastung kommt, was lernhinderlich ist (Sweller, van Merriënboer & Paas, 1998). Im Rahmen der Theorie werden drei Arten kognitiver Belastung unterschieden, die verschiedene Funktionen erfüllen und förderliche oder hinderliche Konsequenzen für das Lernen haben können: intrinsische, lernbezogene und extrinsische Belastung (Sweller & Chandler, 1991; Sweller, van Merriënboer & Paas, 1998). Die intrinsische Belastung ergibt sich aus der Aufgabenschwierigkeit und die lernbezogene Belastung beschreibt die Kapazität, die Verständnisprozesse beanspruchen. Somit sind diese beiden Ressourcen kaum zu beeinflussen (Mayer & Moreno, 2003; Sweller, 2005; Sweller, van Merriënboer & Paas, 1998). Die extrinsische Belastung hingegen entsteht aus den Anforderungen, die die Aufgabengestaltung mit sich bringt und die nicht für den Lernerfolg erforderlich sind (Mayer & Moreno, 2003; Sweller, 2005; Sweller, van Merriënboer & Paas,

1998). Daher stellt sie den besten Ansatzpunkt dar, um kognitive Belastung zu reduzieren und ressourcenorientiertes Material herzustellen.

Bisher wurde die Cognitive Load Theory in erster Linie im Kontext multimedialen Lernens (Sweller, 2005) und komplexer Problemlöseaufgaben (van Merriënboer & Sweller, 2005; van Merriënboer, Kester & Paas, 2006) angewendet, da diese besondere Anforderungen an das Arbeitsgedächtnis stellen. Ein direkter Transfer auf vergleichsweise einfach strukturierte Inhalte der Grundschule sowie die Ableitung von Gestaltungsprinzipien für Übungsmaterialien fehlt bisher. Hinzu kommt, dass die vorliegenden Studien meist mit Jugendlichen oder Erwachsenen durchgeführt wurden und daher mit fortgeschrittenen lernerseitigen Voraussetzungen arbeiteten.

Zusammenfassend ist eine Reduktion der extrinsischen Belastung als vielversprechender Ansatzpunkt ressourcenorientierter Förderung festzuhalten. Werden Belastungen durch das Aufgabenformat geringer, bleibt theoriegeleitet mehr Kapazität für lernbezogene Anforderungen und es sind bessere Lernerfolge zu erwarten. Durch klare Strukturen und Aufgabenstellungen ist zudem eine bessere Fokussierung der Aufmerksamkeit zu erzielen, so dass eine weitere Ressource geschont werden kann. Vorwissen, Strategien und ressourcenorientiertes Design stellen somit mögliche Kompensationsquellen dar, welche Schülern auch bei schwachen Kapazitäten der Aufmerksamkeit und des Arbeitsgedächtnisses ermöglichen können, von dem angebotenen Material zu profitieren (Abbildung 13). Es ist anzunehmen, dass deutlich mehr Zeit effektiv für das Lernen und Üben genutzt werden kann, wenn Lernmaterial systematisch nach ressourcenorientierten Prinzipien gestaltet ist.

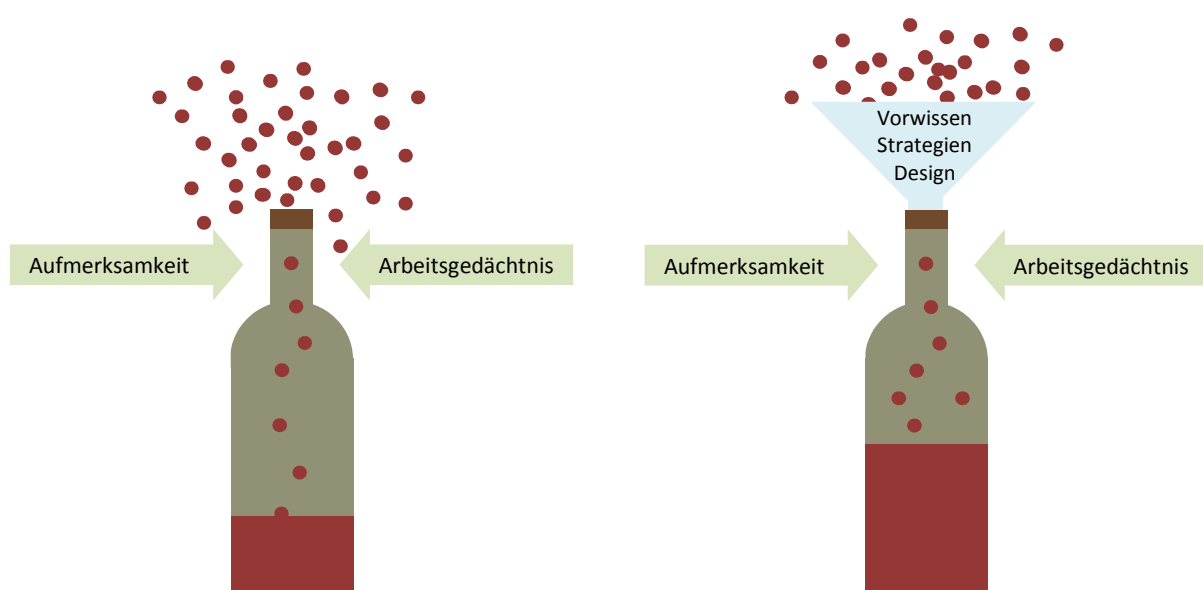


Abbildung 13 Aufmerksamkeit und Arbeitsgedächtnis als Flaschenhals der Informationsverarbeitung (links) und Vorwissen, Strategien sowie ressourcenorientiertes Instruktionsdesign als Kompensation (rechts)



Aus der bisherigen Darstellung leitet sich die These ab, dass auch Grundschüler davon profitieren, wenn Lernmaterialien nach ressourcenorientierten Prinzipien gestalten werden. Dennoch weist ein Großteil der in der Praxis verfügbaren Materialien im Sinne einer *kindgerechten* Gestaltung zahlreiche ablenkende Elemente auf und erschwert mutmaßlich die Informationsverarbeitung. Es besteht bisher allerdings ein eklatanter Mangel an empirischen Belegen, welche als Ausgangspunkt für Veränderungen in der Aufgabengestaltung dienen könnten. Die geschilderten Annahmen werden deshalb im Rahmen der vorliegenden Arbeit empirisch geprüft.

### 3 Fragestellung und Ziel der Studie

Ein grundlegendes Ziel des Unterrichts und der Förderung in der Grundschule besteht darin, Kindern die Kulturtechniken Lesen, Rechtschreiben und Rechnen zu vermitteln. Dies gelingt bei den meisten Kindern relativ problemlos, bei einem substantiellen Teil aber treten erhebliche Schwierigkeiten auf. Diese Kinder zeigen häufig Defizite in kognitiven Ressourcen, wie dem Arbeitsgedächtnis oder der Aufmerksamkeit, woraus nicht selten ein Mangel an bereichsspezifischem Wissen und damit auch mangelhafte Leistungen folgen. Besonders für diese Schüler ist es daher von grundlegender Bedeutung, Lernmaterial so zu gestalten, dass sie diese auch mit geringer kognitiver Kapazität bewältigen.

Eine Herangehensweise ist, den Vorgang des Lernens bei komplexeren Aufgaben durch Automatisierung von Teilprozessen zu entlasten (LaBerge & Samuels, 1974; Sweller, van Merriënboer & Paas, 1998). Insbesondere in der Grundschule spielen solche Automatisierungsprozesse eine große Rolle, da grundlegende Fertigkeiten leichter abgerufen und effizienter genutzt werden können, wenn sie kognitive Ressourcen gar nicht oder lediglich in sehr geringem Maße beanspruchen. Dies kann in erster Linie über intensives Üben erreicht werden. Übungsphasen finden sowohl im Unterricht als auch bei den Hausaufgaben statt, in denen die Schüler möglichst eigenständig bereits erarbeitete Inhalte festigen (Souvignier & Gold, 2006). Die grundsätzliche Überlegung dieser Arbeit besteht darin, dass selbst bei dem Vorgang der Automatisierung kognitive Belastungen im Sinne der Cognitive Load Theory wirken und somit auch die Grundprinzipien einer ressourcenorientierten Förderung zum Tragen kommen können.

In der Praxis schulischer Förderung kommen allerdings zahlreiche Übungsformate zum Einsatz, deren Eignung als strukturierte Übungsmöglichkeit in Frage steht. Nicht direkt ersichtliche Ziele, unwichtige und verwirrende Zusatzinformationen (*seductive details*), unnötige oder zu frühe Abweichungen der Darstellung von Konventionen sowie eine mangelnde Strukturierung der Aufgaben erschweren es, diese im Rahmen der Übung und Automatisierung von Inhalten erfolgreich anzuwenden. Insbesondere Schüler mit schwachen Lernvoraussetzungen (geringes Vorwissen, schwache Aufmerksamkeit, schwaches Arbeitsgedächtnis, niedriges Selbstkonzept) können von dem Material unter Umständen nicht ausreichend profitieren, so dass sie die damit verbrachte Lernzeit nicht effektiv nutzen. Die vorgestellten Befunde aus dem Feld der Cognitive Load Theory und des Instruktionsdesigns weisen darauf hin, dass die ressourcenorientierte Gestaltung von Übungsmaterialien entscheidend zu effizientem Lernen beitragen kann.

Bisher mangelt es allerdings noch an empirischen Belegen, welche grundlegende Veränderungen des Instruktionsdesigns begründen könnten. In dieser Arbeit soll daher erstmals anhand zweier Beispiele systematisch untersucht werden, welchen Einfluss die Gestaltung von Übungsmaterial auf die Leistung von Zweitklässlern hat. Insbesondere die Wechselwirkung des Formats mit den individuellen Voraussetzungen der Lerner steht hier im Vordergrund. Die Ergebnisse sollen erste Implikationen zur Gestaltung von Unterrichts- und Fördermaterialien sowie eine Grundlage für weitergehende Forschung liefern.

Empirische Untersuchungen zur Effizienz von Schule und Unterricht thematisieren grundsätzlich die Frage danach, welche Aspekte von Unterricht und Schulorganisation überhaupt zu Lernerfolgen beitragen und die Autoren fragen, wie diese optimiert werden können. Aus diesen Forschungsbemühungen resultieren Effizienzmodelle, in denen mehrere Ebenen schulischer Prozesse unterschieden werden, um ein möglichst umfassendes Bild der Bedingungen guter Beschulung zusammenzustellen. Der grundlegende Forschungsansatz der entsprechenden Studien basiert auf der Prozess-Produkt-Forschung, nach der Erfolge am Output gemessen werden und sowohl der Einfluss des Inputs als auch der ablaufenden Prozesse auf diese Erfolge gemessen werden. Die vorliegende Arbeit bedient sich ebenfalls dieses Forschungsparadigmas. Jedoch sind die bisherigen Untersuchungen meist relativ global orientiert und erforschen größere Strukturen, wie die Rahmenbedingungen des Schulalltags, obwohl der Erfolg von Unterricht auch auf ganz basalen Ebenen, wie zum Beispiel dem eingesetzten Material gesteuert wird. Gegenstand der vorliegenden Studie ist daher die ressourcenorientierte Gestaltung von Übungsmaterialien und damit ein direkt am Lernen orientierter Prozess. Im Rahmen einer Übungssequenz mit Mathematik- und Rechtschreibaufgaben soll untersucht werden, ob verschiedene Formate trotz gleicher Inhalte einen Einfluss auf die Übungsleistung haben und damit die Effizienz von Lernprozessen steigern oder beeinträchtigen.

Aus der dargestellten Forschungslage sind vorerst lediglich Hinweise darauf abzuleiten, dass ressourcenorientiertes Instruktionsdesign im hier erläuterten Sinne ein wichtiger Baustein effektiver Lernförderung sein könnte. Es besteht noch grundlegender Forschungsbedarf, da bisher keine systematischen empirischen Befunde vorliegen, die zeigen, dass die geschilderten Erkenntnisse auch für die Zielgruppe der Grundschüler zu nutzen sind und dass für diese auch bei Übungsmaterial ohne komplexe Problemlöseanforderungen Effekte festzustellen sind.

### 3.1 Forschungsfragen

Aus der oben geschilderten Fragestellung und den Zielen der Arbeit leiten sich konkrete Forschungsfragen zu vier zentralen Aspekten ab, welche im Rahmen der empirischen Untersuchung bearbeitet werden sollen. Diese sind im Einzelnen *Einfluss des Übungsformats auf die Übungsleistung*, *Einfluss lernerseitiger Voraussetzungen auf die Übungsleistung*, *Interaktionen lernerseitiger Voraussetzungen mit dem Übungsformat* sowie *Übungseffekte*. In diesem Abschnitt werden die Fragen zunächst erläutert, bevor konkrete Hypothesen dazu aus den im Theorieteil dargestellten Modellen und Befunden abgeleitet werden. Der erste Aspekt ist in der Übersicht in Abbildung 14 zusammengefasst, während in Abbildung 15 angenommene Effekte lernerseitiger Voraussetzung und deren Interaktionen mit dem Übungsformat und in Abbildung 16 die Frage der Übungseffekte veranschaulicht sind.

Da die intrinsische Belastung im Rahmen der Untersuchung gleich gehalten wird, kommen im Folgenden die vereinfachten Begriffe *geringe* und *hohe Belastung* zum Einsatz, um den Grad der extrinsischen Belastung zu beschreiben.

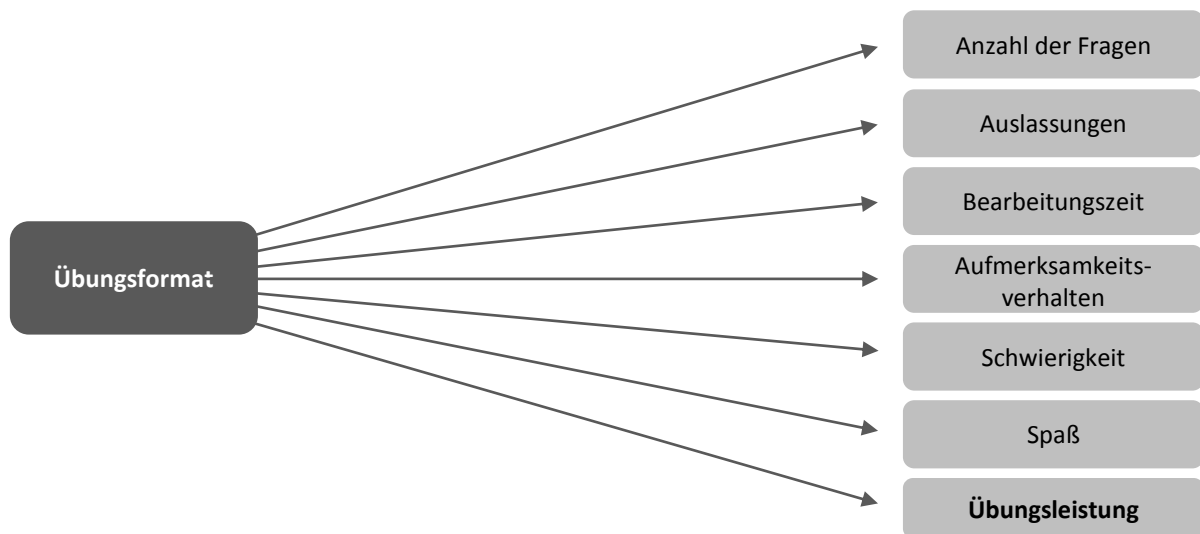


Abbildung 14 Angenommene Haupteffekte des Übungsformats auf das Verhalten und die Leistungen in der Übungsphase

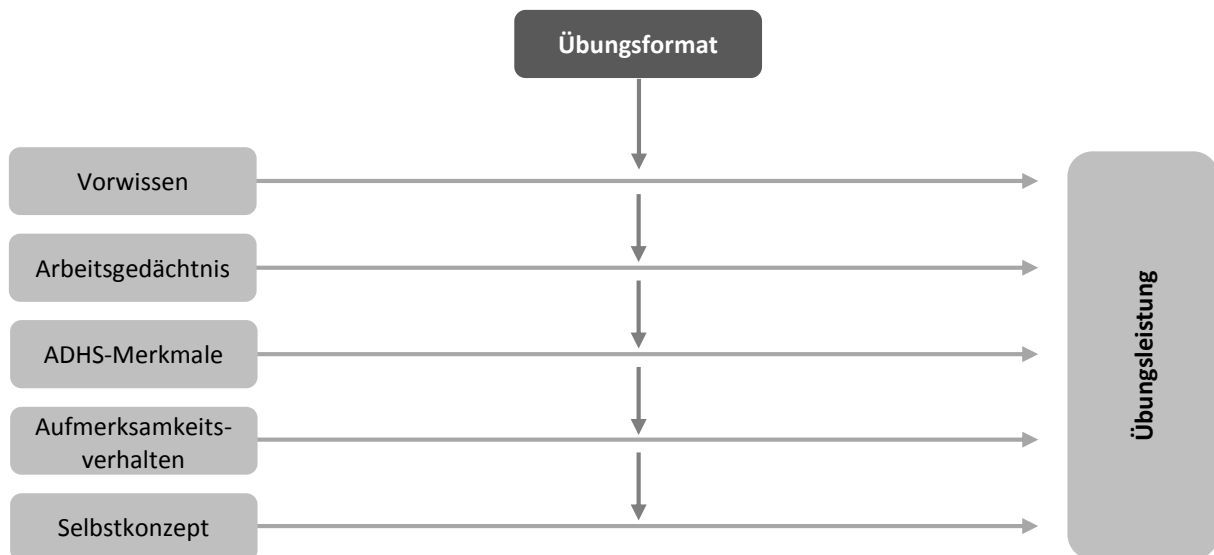


Abbildung 15 Angenommene Haupteffekte der lernerseitigen Voraussetzungen auf die Übungsleistung und Moderation durch das Übungsformat

### *Einfluss des Übungsformats auf die Übungsleistung*

Welchen Einfluss haben das Format und damit der Grad der kognitiven Belastung von Übungsaufgaben auf deren Bearbeitung im Rahmen einer Übungseinheit? Welche Leistungen zeigen die Schüler in Abhängigkeit vom Format? Gibt es Unterschiede in der Bearbeitungszeit, der Anzahl der Fragen und der Auslassungen sowie dem Aufmerksamkeitsverhalten? Bewerten die Schüler den Spaß bei der Aufgabenbearbeitung und die Schwierigkeit der Aufgaben unterschiedlich in Abhängigkeit von dem angebotenen Format?

### *Einfluss lernerseitiger Voraussetzungen auf die Übungsleistung*

Welche Rolle spielen Lernvoraussetzungen, wie Vorwissen, Arbeitsgedächtnis, Aufmerksamkeit, Aufmerksamkeitsverhalten und Selbstkonzept für die Übungsleistung in den beiden Übungsformaten?

Für Mathematik soll zusätzlich überprüft werden, ob sich lernerseitige Voraussetzungen und das Format in Abhängigkeit von der Schwierigkeit der Aufgaben unterschiedlich auswirken.

### *Interaktionen lernerseitiger Voraussetzungen mit dem Übungsformat*

Variiert der Einfluss des Übungsformats je nachdem, welche Lernvoraussetzungen die Schüler mitbringen? Ist es möglich, Nachteile, die durch schwache Lernvoraussetzungen entstehen, mit Hilfe ressourcenorientierten Materials zu kompensieren? Umgekehrt stellt sich die Frage, ob sich Nachteile bei Kindern mit schwachen Lernvoraussetzungen durch hoch belastetes Übungsmaterial zusätzlich verstärken.

### Übungseffekte

Lassen sich Unterschiede in den Leistungszuwächsen der untersuchten Gruppen bereits in einer Schulstunde feststellen (Abbildung 16)? In beiden Fächern stellt sich zudem die Frage, ob sich Unterschiede zwischen den in der Übung enthaltenen und den Transferaufgaben zeigen. Im Rechtschreiben sollen über die korrekte Schreibung der Wörter hinaus weitere Auswertungen vorgenommen werden, um zu untersuchen, auf welchen Ebenen das Material auf die Leistungen wirkt.

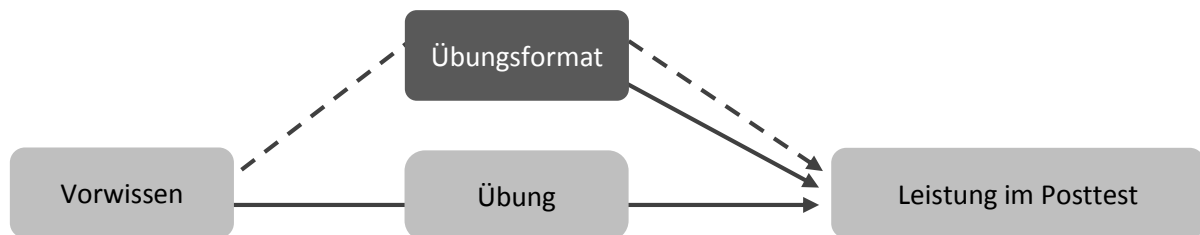


Abbildung 16 Fragestellung zu Übungseffekten von Prä- zu Posttest im Rahmen einer Übungssequenz; durchgezogene Linie: direkter Einfluss, gestrichelte Linie: Interaktion

## 3.2 Hypothesen

Aus der oben dargestellten Forschungslage und den Annahmen, die in den genannten Modellen veranschaulicht sind, lassen sich Hypothesen darüber ableiten, wie sich die in dieser Studie eingesetzten Materialien auf das Lernverhalten und die Übungsleistungen auswirken.

Zusätzlich liegen für die beiden Fächer zum Teil unterschiedliche Annahmen vor, was aus der inhaltspezifischen Gestaltung resultiert. Daher werden die Hypothesen in diesen Fällen getrennt für die beiden Fächer erläutert.

### *Einfluss des Übungsformats auf die Übungsleistung*

(1) Trotz inhaltlich gleicher Aufgaben bedingt das hoch belastete Format, dass die Schüler die Lernzeit weniger effektiv nutzen. Daher sind signifikante Unterschiede zwischen den beiden Übungsgruppen festzustellen.

- a. Die Schüler der Gruppe mit dem gering belasteten Format zeigen stärkere Leistungen, das heißt, sie lösen in der zur Verfügung stehenden Zeit mehr Aufgaben korrekt als die Schüler, die das hoch belastete Format erhielten.
- b. In Mathematik lassen sie weniger Aufgaben aus.
- c. Sie benötigen insgesamt eine kürzere Bearbeitungszeit.
- d. Sie stellen weniger Fragen, um die Aufgabenstellung zu verstehen.
- e. Sie zeigen weniger aktives on task-Verhalten und mehr passives on task-Verhalten.

- f. Sie zeigen insgesamt weniger off task-Verhalten.
- g. Sie bewerten die Aufgaben im Anschluss an die Bearbeitung als einfacher.
- h. Sie geben an, mehr Spaß bei der Bearbeitung gehabt zu haben.

(2) In Mathematik zeigen sich bei einfachen Aufgaben keine oder nur sehr geringe Unterschiede zwischen den beiden Übungsgruppen. Bei den schwierigeren Aufgaben hingegen schneiden die Schüler der Gruppe mit dem geringer belasteten Format besser ab.

#### *Einfluss lernerseitiger Voraussetzungen auf die Übungsleistung*

(3) Je nachdem, welche Voraussetzungen die Schüler mitbringen, variieren ihre Leistungen in der Übungsphase:

- a. Je besser das Vorwissen, desto besser sind die Leistungen in der Übung.
- b. Bessere Voraussetzungen im Arbeitsgedächtnis gehen auch mit besseren Leistungen in der Übung einher.
- c. Bei geringen Ausprägungen der ADHS-Merkmale erreichen die Schüler bessere Leistungen.
- d. Zeigen die Schüler im Prätest günstiges Aufmerksamkeitsverhalten in Form eines hohen Anteils passiven on task-Verhaltens, sind auch ihre Leistungen in der Übungsphase besser.
- e. Schüler mit einem guten Selbstkonzept zeigen bessere Leistungen als Schüler mit einem geringen Selbstkonzept.

#### *Interaktionen lernerseitiger Voraussetzungen und des Übungsformats*

(4) Die Effekte des Übungsformats variieren je nachdem, wie die lernerseitigen Voraussetzungen ausgeprägt sind.

- a. Schüler mit gutem Vorwissen, guten Voraussetzungen im Arbeitsgedächtnis, geringen Ausprägungen in den ADHS-Merkmalen, günstigem Aufmerksamkeitsverhalten und einem guten Selbstkonzept zeigen auch bei hoch belasteten Aufgaben bessere Leistungen als Schüler, die in diesen Merkmalen ungünstige Voraussetzungen mitbringen.
- b. Nachteile, die durch schwache Lernvoraussetzungen entstehen, können mit Hilfe des gering belasteten Materials gemindert oder sogar kompensiert werden.

### *Übungseffekte*

- (5) Aufgrund der sehr kurzen Intervention ist nicht zu erwarten, dass die Schüler tatsächliche Trainingseffekte von Prä- zu Posttest zeigen. Dennoch sind kurzfristige Übungseffekte, speziell bei den Aufgaben, die auch in der Übungsphase bearbeitet werden, möglich. Diese Zuwächse sollten aufgrund des stärker strukturierten Materials und der damit einhergehenden effizienteren Nutzung der Übungszeit in der Gruppe mit der geringen Belastung größer sein als in der mit der hohen Belastung.
- a. Die Leistungszuwächse fallen aufgrund der kurzen Übungsphase gering aus und zeigen sich deutlicher bei den proximalen als den distalen Maßen. Bei den in der Übung enthaltenen oder invertierten Aufgaben machen die Schüler demnach größere Fortschritte zum Nachtest als bei den Transferaufgaben.
  - b. Im Rechtschreiben verbessern sich die Schüler in der Silbentrennung und der Schreibung von <sp> und <st> deutlicher, weil diese im Fokus der Übung stehen. Die Summe korrekter Wörter sowie die Graphemtreffer steigern sich dagegen aufgrund der kurzen Übungsphase weniger.
  - c. Liegen kurzfristige Übungseffekte vor, zeigen sich diese deutlicher bei der Gruppe mit dem gering belasteten Material als bei der mit dem hoch belasteten.



## 4 Methode

### 4.1 Stichprobe

Insgesamt nahmen 343 Schüler aus 21 zweiten Klassen von neun Schulen aus Gießen und Umgebung an der Studie teil. Davon waren 160 (47 %) Jungen und 183 (53 %) Mädchen. Zu Beginn der Untersuchung waren die Kinder im Mittel 7;11 Jahre alt (Range 6;5 bis 9;9).

An den Tests und Übungen im Bereich Mathematik nahmen 326 Kinder teil. Davon waren 153 (46.9 %) Jungen und 173 (53.1 %) Mädchen. Von den 341 Kindern, die die Rechtschreibaufgaben bearbeiteten, waren 159 (46.6 %) Jungen und 182 (53.4 %) Mädchen. Der Unterschied in der Stichprobengröße zwischen den beiden Inhaltsbereichen entstand, da in einer Klasse Probleme bei der Durchführung der Mathematikaufgaben entstanden, so dass aus dieser ausschließlich die Ergebnisse der Rechtschreibaufgaben in die Studie eingehen konnten.

### 4.2 Durchführung und Design

Die Erhebung erfolgte von Anfang Dezember 2011 bis Ende Februar 2012 und wurde von speziell geschulten studentischen Hilfskräften sowie Studierenden der Psychologie im Rahmen ihrer Masterarbeit durchgeführt. Es nahmen ausschließlich Schüler teil, deren Eltern mit der Untersuchung einverstanden waren.

Der Studie liegt ein *between subject*-Design mit zwei Treatmentgruppen zugrunde. Als zentrale abhängige Variable wurde die Leistung in einer Übungsphase herangezogen.

Zunächst wurde in etwa 15-minütigen Einzeltests eine Diagnostik des Arbeitsgedächtnisses durchgeführt. Diese erfolgte PC-gestützt und erhob die Komponenten phonologische Schleife, zentrale Exekutive sowie visuell-räumliches Arbeitsgedächtnis.

An einem zweiten Termin erhielten die Schüler eine Übungseinheit, welche eine Doppelstunde in Anspruch nahm. Sie wurden durch Abzählen (1, 2, 1, 2 etc.) randomisiert zwei Gruppen (A und B) zugewiesen. Alle Schüler erhielten sowohl Mathematik- als auch Rechtschreibübungen und bearbeiteten vor und nach den Übungsphasen je einen kurzen Test. Die eingesetzten Verfahren und die Beobachtung zum Aufmerksamkeitsverhalten waren in allen Fällen identisch, lediglich die Übungsformate unterschieden sich hinsichtlich ihrer angenommenen kognitiven Belastung.

In Abbildung 17 ist dargestellt, wie die Übungseinheiten abliefen. Die erste Hälfte der Schüler bearbeitete zunächst ein gering belastetes Format und anschließend ein hoch belastetes (Reihenfolge I). Um Reihenfolgeeffekte zu kontrollieren, wurde nach etwa der Hälfte der

Klassen die Reihenfolge der Aufgabenbearbeitung getauscht, so dass die weiteren Klassen die Aufgaben in umgekehrter Reihenfolge bearbeiteten. Sie erhielten zuerst ein hoch belastetes Format und anschließend ein niedrig belastetes (Reihenfolge II).

*T*-Tests für unabhängige Stichproben zeigen, dass in der Übungsleistung keine bedeutsamen Unterschiede zwischen den beiden Gruppen bestehen (Mathematik  $t_{(324)} = -0.44$ ;  $p = .66$ , Rechtschreiben  $t_{(326)} = 0.67$ ;  $p = .50$ ), so dass davon auszugehen ist, dass die Reihenfolge, in der die Aufgaben dargeboten wurden, keinen Effekt auf die Leistung hatte.

### Reihenfolge I

	Gruppe A	Gruppe B	
1. Stunde	Mathematik geringe Belastung (M <sup>-</sup> )	Rechtschreiben geringe Belastung (RS <sup>-</sup> )	Beobachtung zum Aufmerksamkeits- verhalten während der Bearbeitung der Aufgaben mit <i>time coding</i>
2. Stunde	Rechtschreiben hohe Belastung (RS <sup>+</sup> )	Mathematik hohe Belastung (M <sup>+</sup> )	

### Reihenfolge II

	Gruppe A	Gruppe B	
1. Stunde	Mathematik hohe Belastung (M <sup>+</sup> )	Rechtschreiben hohe Belastung (RS <sup>+</sup> )	Beobachtung zum Aufmerksamkeits- verhalten während der Bearbeitung der Aufgaben mit <i>time coding</i>
2. Stunde	Rechtschreiben geringe Belastung (RS <sup>-</sup> )	Mathematik geringe Belastung (M <sup>-</sup> )	

Abbildung 17 Ablauf der Übungseinheiten in den Varianten Reihenfolge I (oben) und Reihenfolge II (unten)

Aus dem geschilderten Vorgehen bei der Durchführung ergeben sich vier Untersuchungsgruppen: Etwa die Hälfte der Kinder erhielt im Rechtschreiben das hoch belastete Format (RS<sup>+</sup>) und in Mathematik das gering belastete (M<sup>-</sup>). Die andere Hälfte erhielt in Mathematik das hoch belastete (M<sup>+</sup>) und im Rechtschreiben das gering belastete (RS<sup>-</sup>) Format. Tabelle 1 zeigt die vier Gruppen im Überblick.

Tabelle 1 Überblick über die Übungsgruppen

Gruppe	Inhalt	Übungsformat	<i>n</i>
M <sup>+</sup>	Mathematik	hohe Belastung	161
M <sup>-</sup>	Mathematik	geringe Belastung	165
RS <sup>+</sup>	Rechtschreiben	hohe Belastung	174
RS <sup>-</sup>	Rechtschreiben	geringe Belastung	167

### 4.3 Erhebungsinstrumente

Alle Verfahren zur Erhebung der Mathematik- und Rechtschreibleistung wurden speziell für die Studie entwickelt und enthalten sowohl Aufgaben, die in der Übung vorkommen als auch Transferaufgaben, so dass sie proximale sowie eher distale Maße bieten.

#### 4.3.1 Mathematik (Prätest – Posttest)

Zur Erhebung der Baseline beziehungsweise des Vorwissens im Bereich der Addition im Zahlenraum bis 100 wurden einfach strukturierte Ergänzungsaufgaben eingesetzt, bei denen jeweils der zweite Summand berechnet werden musste. Insgesamt wurden 24 Rechenaufgaben dargeboten, für deren Bearbeitung die Schüler maximal zwölf Minuten Zeit hatten (Anhang A). Zusätzlich zur Anzahl korrekter Lösungen wurde die Bearbeitungszeit in Minuten erhoben. Ferner wurde gruppenweise die Anzahl der Fragen erfasst, die die Schüler während der Testung stellten.

Zehn der Aufgaben waren identisch mit denen aus dem Übungsmaterial oder stellten Inversionen dar, das heißt, lediglich die beiden Summanden waren vertauscht. Diese Aufgaben werden im Folgenden als *enthalten* bezeichnet. 14 Aufgaben waren nicht in der Übung enthalten und forderten somit einen Transfer. Der gleiche Test wurde nach der Bearbeitung der Übungsaufgaben erneut eingesetzt, um eventuell vorhandene kurzfristige Fördereffekte erfassen zu können.

*Auswertung.* Pro richtig gelöster Aufgabe wurde ein Punkt vergeben, so dass die Schüler eine Maximalpunktzahl von 24 erreichen konnten. Falls einzelne Aufgaben übersprungen wurden, wurden diese als Auslassung kodiert. Zusätzlich zum Gesamtergebnis wurden gesonderte Summen für die in der Übung enthaltenen sowie die Transferaufgaben gebildet, um etwaige Unterschiede der Leistungen in den proximalen und distalen Maßen untersuchen zu können.

*Testgüte.* Die Retestreliabilität des eingesetzten Tests ist als gut zu bewerten ( $r_{tt} = .86$ ) und die interne Konsistenz liegt mit Cronbachs  $\alpha = .93$  im sehr guten Bereich.

#### 4.3.2 Rechtschreiben (Prätest – Posttest)

Im Rechtschreiben wurde die Baseline beziehungsweise das Vorwissen mit Hilfe eines Diktats erhoben. Dieses bestand zur Hälfte aus Wörtern, die ebenso in der Übung vorkamen. Die zweite Hälfte enthielt Transferwörter. Das heißt, die Wörter hatten die gleiche Silbenanzahl und verlangten, wie auch die Übung, die Schreibung von <sp> oder <st>. Insgesamt schrieben die Schüler zehn Wörter. Davon hatten vier Wörter zwei Silben, zwei Wörter drei Silben und vier Wörter hatten vier Silben (Anhang B).

Die Ziele der Übung wurden aus den Originalaufgaben übernommen. Da dort die Silbentrennung gefördert werden sollte, mussten die Schüler auch im Test zusätzlich die Wörter mit Hilfe von Trennstrichen in Silben einteilen. Ebenso wie in Mathematik wurde im Rechtschreiben die Testung nach der Übung wiederholt, um etwaige kurzfristige Übungseffekte abbilden zu können.

*Auswertung.* Insgesamt wurde die Auswertung auf fünf Ebenen vorgenommen. Zunächst wurde die korrekte Rechtschreibung bewertet. Hier konnten die Schüler maximal zehn Punkte erreichen. Zusätzlich zur Gesamtsumme wurde jeweils eine Summe für die in der Übung enthaltenen und für die Transferwörter gebildet.

Um eine differenziertere Auswertung zu ermöglichen, wurden auch Graphemtreffer (maximal 79 Punkte) und die alphabetisch korrekte Schreibung (maximal zehn Punkte) herangezogen. Anschließend wurde die korrekte Silbentrennung ausgewertet, für die ebenfalls bis zu zehn Punkte vergeben wurden. Da die Schreibung von <sp> und <st> ein zentraler Aspekt der Übung war, wurde die Beherrschung dieses Phänomens separat erfasst (maximal zehn Punkte).

*Testgüte.* Die Retestreliabilität liegt mit  $r_{tt} = .82$  im guten Bereich und die interne Konsistenz ist mit Cronbachs  $\alpha = .75$  akzeptabel.

#### 4.3.3 Arbeitsgedächtnis

Insgesamt wurden drei Komponenten des Arbeitsgedächtnisses erfasst: die phonologische Schleife, die zentrale Exekutive sowie das visuell-räumliche Arbeitsgedächtnis (Anhang C). Alle Aufgaben zum Arbeitsgedächtnis wurden PC-gestützt dargeboten und von den Testleitern dokumentiert.

Die *phonologische Schleife* wurde mit der Aufgabe Zahlen nachsprechen aus dem HAWIK IV (Petermann & Petermann, 2007) erhoben. Die *zentrale Exekutive* wurde mit Hilfe des Tests Zahlen nachsprechen rückwärts, ebenfalls aus dem HAWIK IV, überprüft. Für beide Bereiche standen je 16 Aufgaben zur Verfügung.

Die *statische* Komponente des *visuell-räumlichen Arbeitsgedächtnisses* wurde in Form einer Matrixspannenaufgabe in Anlehnung an Schuchardt (2008) erhoben. Eine 4 x 4 – Matrix mit schwarzen und weißen Feldern wurde auf dem Computerbildschirm ein- und nach einer standardisierten Betrachtungszeit wieder ausgeblendet. Die Aufgabe der Schüler bestand darin, anschließend anzugeben, wo die schwarzen Felder waren. In insgesamt 24 Aufgaben stieg die Anzahl der schwarzen Felder von anfänglich zwei auf zehn. Die Darbietungszeit betrug eine Sekunde pro Feld, so dass sie sich mit steigender Komplexität verlängerte. Auf jeder Ebene wurden drei Aufgaben dargeboten. Löste ein Kind zwei dieser Aufgaben falsch, wurde die Testung abgebrochen.

Zur Überprüfung des *dynamischen visuell-räumlichen Arbeitsgedächtnisses* bearbeiteten die Schüler Corsiblockaufgaben in Anlehnung an Schuchardt (2008). Auf neun unregelmäßig angeordneten Feldern wurde ein Weg angezeigt, den die Schüler sich merken und anschließend reproduzieren mussten. Die Komplexität stieg mit der Anzahl der Schritte pro Weg von zwei auf acht Schritte. Insgesamt standen 28 Aufgaben zur Verfügung, von denen jeweils vier pro Ebene angeboten wurden. Bei zwei falsch gelösten Aufgaben pro Ebene griff das Abbruchkriterium.

*Auswertung.* In allen Arbeitsgedächtnisaufgaben wurde eine komplett richtig reproduzierte Aufgabe mit einem Punkt bewertet. Beim Zahlen nachsprechen und beim Zahlen nachsprechen rückwärts waren daher je maximal 16 Punkte möglich. In der Matrixspanne konnten die Schüler höchstens 24 und bei den Corsiblockaufgaben 28 Punkte erreichen. Diese beiden Komponenten des visuell-räumlichen Notizblocks wurden zu einem Wert zusammengefasst, um ein robusteres Maß zu erhalten und nicht mehr Einzelwerte zu berichten als nötig. Dazu wurden die *z*-standardisierten Summenwerte der beiden Aufgaben gemittelt. Auf die gleiche Weise wurde ein Gesamtwert aus den vier Aufgaben gebildet.

*Testgüte.* Die interne Konsistenz für die vier Aufgaben ist mit Cronbachs  $\alpha = .28$  nicht akzeptabel. Dies schlägt sich auch in den niedrigen Trennschärfekoeffizienten nieder ( $r = .11$  bis  $.20$ ), was dafür spricht, dass die Subtests nicht das gleiche Konstrukt erfassen und dass die einzelnen Bereiche separat zu untersuchen sind.

#### 4.3.4 ADHS-Merkmale

Um etwaige Auffälligkeiten in der Aufmerksamkeit, Impulsivität und Hyperaktivität zu erfassen, wurde ein Lehrerfragebogen von Döpfner, Görtz-Dorten, Lehmkuhl, Breuer und Goletz (2008; DISYPS-II) adaptiert. Die Anzahl der Fragen wurde reduziert, um ein ökonomisches Maß zu erhalten. Die Lehrkräfte gaben auf dem Bogen an, wie sehr einzelne Aussagen zu Impulsivität, Hyperaktivität und Unaufmerksamkeit auf ihre Schüler zutreffen

(Anhang D). Diese Einschätzung dient als Indikator für Auffälligkeiten im Sinne eines Aufmerksamkeitsdefizitsyndroms und wurde mit je drei Aussagen pro Schwerpunkt erhoben. *Auswertung.* Die Einschätzung jeder Aussage wurde auf einer vierstufigen Skala von „trifft gar nicht zu (0)“ bis „trifft besonders zu (3)“ vorgenommen. Die Einzelwerte wurden zu einem Gesamtwert summiert. Zur besseren Handhabung wurden die Antworten für die Einschätzung der Unaufmerksamkeit für die graphische Darstellung umkodiert, so dass ein niedriger Wert einer geringen Aufmerksamkeitsleistung ein hoher Wert hingegen einer guten Aufmerksamkeitsleistung entspricht.

*Testgüte.* Die drei Skalen weisen mittlere bis hohe Korrelationen auf ( $r = .53$  bis  $.75$ ), die alle auf einem Niveau von  $p < .01$  signifikant sind. Cronbachs  $\alpha$  liegt mit  $.84$  im guten Bereich und auch die korrigierten Trennschärfekoeffizienten sind mit  $r = .63$  (Unaufmerksamkeit),  $r = .70$  (Impulsivität) und  $r = .79$  (Hyperaktivität) hoch.

#### 4.3.5 Aufmerksamkeitsverhalten während der Aufgabenbearbeitung

Um das Aufmerksamkeitsverhalten während der Bearbeitung der Tests und der Übungsaufgaben zu beurteilen, kam ein Beobachtungsbogen zum Einsatz (Anhang E), welcher in Anlehnung an das Münchner Aufmerksamkeitsinventar (Helmke & Renkl, 1992) entwickelt wurde. Das Aufmerksamkeitsverhalten eines Schülers wurde in Zeitintervallen von sieben Sekunden protokolliert (*time coding*). Dabei wurde das Verhalten einer von vier vorgegebenen Kategorien zugeordnet: on task aktiv, on task passiv, off task aktiv oder off task passiv. Die Anzeige von Anfang und Ende der Beobachtungsintervalle erfolgte durch ein akustisches Signal, das nur der Beobachter hören konnte.

Wenn sich das beobachtete Kind in einem Zeitintervall mit der Aufgabe befasste, wurde dies als on task-Verhalten kategorisiert. Hierbei wurde weiter unterschieden, ob das Kind selbst-initiiertes Engagement zur Lösung der Aufgabe zeigte, indem es sich zum Beispiel meldete und Nachfragen stellte (on task aktiv) oder ob es ruhig die Aufgabe bearbeitete (on task passiv).

Zeigte ein Kind Verhalten, das nicht auf die Aufgabe bezogen war, wurde dies als off task beurteilt. Auch in dieser Kategorie wurde weiter unterschieden: Beschäftigte sich das Kind nicht mit der Aufgabe, störte aber nicht, sondern schaute beispielsweise zum Fenster hinaus, war dies als off task passiv zu bewerten. Nicht aufgabenbezogenes aktives Verhalten, welches als störend einzustufen ist, war als off task aktiv zu kodieren. Dazu gehört beispielsweise das Reden mit Mitschülern, Schubsen, Ärgern, Basteln, Blatt zerreißen. Sobald ein Kind off task-Verhalten zeigte, kodierte der Beobachter das Verhalten und ging zur Beobachtung des nächsten Kindes über. Die Beobachtung und Kodierung erfolgte immer in der gleichen vorher festgelegten Reihenfolge.

*Auswertung.* Zunächst wurde für jedes Kind die Anzahl der Kodierungen pro Kategorie erfasst und anschließend in Prozentanteile an der Gesamtbeobachtung umgerechnet, um vergleichbare Werte unabhängig von der Anzahl der beobachteten Intervalle zu erhalten.

#### 4.3.6 Selbstkonzept

Um zu untersuchen, ob die Effekte der beiden Übungsformate in Abhängigkeit vom Selbstkonzept der Schüler variieren, wurden sie gebeten, anzugeben, wie gut sie rechnen beziehungsweise schreiben können. Zusätzlich sollte überprüft werden, ob sich die Schülerangaben zur Schwierigkeit der Aufgaben und zum Spaß bei der Bearbeitung in den beiden Übungsformaten unterscheiden. Alle drei Aspekte gehören zum Bereich Selbstkonzept. Als Indikator für das Selbstkonzept wurden daher drei Fragen eingesetzt, mit deren Hilfe die Schüler vor der Übung eine Einschätzung ihrer Leistungen in Mathematik beziehungsweise Rechtschreiben vornahmen (*Ich kann gut rechnen / schreiben.*) und nach der Übung angaben, ob die Aufgaben Spaß gemacht haben und für wie schwierig sie die Aufgaben hielten (*Die Rechen- / Schreibaufgaben haben mir Spaß gemacht.; Wie schwer fandest du die Rechen- / Schreibaufgaben?*). Die Fragen sind angelehnt an andere Untersuchungen und Verfahren zur Erfassung des Selbstkonzepts (Liebers, 2008; FEES 1-2; Rauer & Schuck, 2004), in denen ebenfalls einfache Formen der Selbsteinschätzung zum Einsatz kommen. Die Frage nach dem Spaß ist auch dem Einwand gewidmet, stark reduzierte Darstellungsformen, wie sie im gering belasteten Format zum Einsatz kommen, seien nicht motivierend (Harp & Mayer, 1997). Außerdem können die beiden Fragen nach Schwierigkeit und Spaß als grober Indikator für die kognitive Belastung herangezogen werden, da sich die subjektive Einschätzung als brauchbare Variable zur Bewertung erwiesen hat, wie beispielsweise Kalyuga, Chandler und Sweller (1998) berichten (für einen Überblick über weitere Verfahren zur Messung kognitiver Belastung siehe Paas, Tuovinen, Tabbers & van Gerven, 2003).

*Auswertung.* Die Schüler gaben ihre Einschätzung auf einer fünfstufigen Likert-Skala an, welche durch Smileys repräsentiert wurde (Anhang F). Für die Analysen werden die drei Skalen so kodiert, dass niedrige Werte für eine geringe Ausprägung des jeweiligen Merkmals (schlechte Leistung, geringe Schwierigkeit und wenig Spaß) und hohe Werte für eine hohe Ausprägung (gute Leistung, große Schwierigkeit und viel Spaß) stehen.

#### 4.4 Übungsmaterial

Die Aufgaben basieren sowohl in Mathematik als auch im Rechtschreiben auf Übungen, die in gängigen Übungsheften enthalten waren. Um das gering belastete Format zu erstellen, wurde

die kognitive Belastung reduziert, Inhalt und Lernziele wurden aber übernommen. In beiden dargebotenen Formaten wurden demnach inhaltlich gleiche Aufgaben gestellt. Die Arbeitsblätter unterschieden sich ausschließlich in der Anordnung der einzelnen Aufgaben und den verwendeten Gestaltungselementen. Unabhängig von Inhalt und Format wurden kurze Instruktionen und Beispiele gegeben.

Zusätzlich zur Anzahl der bearbeiteten Aufgaben wurde die Bearbeitungszeit in Minuten erfasst. Insgesamt hatten die Schüler für die Übung maximal zwölf Minuten Zeit. Wie bereits für den Prätest geschildert, wurde auch in der Übungsphase dokumentiert, wie viele Fragen die Schüler gestellt haben. In Mathematik wurden außerdem die Aufgaben gezählt, die die Schüler übersprangen und als Auslassungen notiert.

#### 4.4.1 Mathematikaufgaben

Die Anforderungen der Übungen sollten für Mitte der zweiten Klassenstufe geeignet sein. Daher enthielten sie Additionsaufgaben im Zahlenraum bis 100. Um die Varianz in den Ausgangsleistungen abbilden zu können, wurden Aufgaben unterschiedlicher Niveaus ausgewählt. Diese wurden auf drei Schwierigkeitsstufen angeboten. Dies ermöglicht zudem zu überprüfen, ob der Einfluss des Übungsformats je nach Aufgabenschwierigkeit variiert.

Insgesamt wurden 30 Additionsaufgaben dargeboten, welche in beiden Übungsformaten in Form von Ergänzungen zu lösen waren. Sechs davon erforderten das Rechnen im Zahlenraum bis 20 ohne Zehnerübergang (Block I) und stellten somit sehr geringe Anforderungen an Zweitklässler. In den Blöcken II und III mussten die Schüler den Zehnerübergang beherrschen. Bei den zwölf Aufgaben des Blocks II waren die Zahlen 24 oder 34 als Summe vorgegeben. Bei den weiteren zwölf Aufgaben aus Block III waren die Zielzahlen 30 beziehungsweise 50 (Block III).

Das Lernziel der Übungseinheit bestand in der Festigung der Addition im Zahlenraum bis 100. Es ging demnach nicht darum, neue Inhalte zu vermitteln, sondern die Schüler sollten bereits Gelerntes möglichst selbstständig üben.

*Itemanalyse.* Für die Aufgaben im Bereich Mathematik wurde eine Itemanalyse berechnet, um die theoretisch angenommenen Schwierigkeiten zu überprüfen. Dazu wurde der Schwierigkeitsindex ( $P_i$ ) gebildet, welcher die prozentuale Lösungshäufigkeit der jeweiligen Aufgabe angibt (Lienert & Raatz, 1994; Bühner, 2006).

Die Analyse bestätigt die angenommenen Schwierigkeiten weitgehend (Tabelle 2). Eine Ausnahme bildet ein Item aus Block II, das in den Schwierigkeitsbereich des Blocks III fällt. Die Zuordnung zu den drei Stufen bleibt in den weiteren Analysen dennoch bestehen. Sie ist



theoretisch hergeleitet und trotz des Ausreißers auch durch die vorliegenden Itemkennwerte ausreichend abgesichert.

Tabelle 2 *Itemschwierigkeiten der Mathematikaufgaben, ermittelt über die gesamte Stichprobe*

Block	gemittelte Schwierigkeiten $p_i$
I	.88
II	.72
III	.50

Grundlage für das hoch belastete Format waren bestehende Übungen aus Materialien für die zweite Klasse. Für das gering belastete Format wurden Änderungen vorgenommen, welche die kognitive Belastung reduzieren sollten. Die spezifischen Merkmale der beiden Formate und ihre angenommenen Auswirkungen werden in den folgenden beiden Abschnitten erläutert.

#### 4.4.1.1 Geringe Belastung

Das gering belastete Format enthielt Ergänzungsaufgaben mit Platzhaltern an der Stelle des ersten oder zweiten Summanden (Anhang G; Auszug in Abbildung 18). Alle Aufgaben zur gleichen Summe wurden in einem Block dargestellt. Sie waren auf- oder absteigend angeordnet, wobei sich die Summanden jeweils um den gleichen Wert unterschieden. Insgesamt waren fünf Blöcke zu bearbeiten, von denen einer auf der einfachsten Stufe (Ia) lag und je zwei auf der mittleren (IIa und IIb) und schwierigsten Stufe (IIIa und IIIb).

$$\begin{array}{rcl}
 \underline{\quad} & + & 6 = 20 \\
 \underline{\quad} & + & 4 = 20 \\
 \underline{\quad} & + & 2 = 20 \\
 15 & + & \underline{\quad} = 20 \\
 17 & + & \underline{\quad} = 20 \\
 19 & + & \underline{\quad} = 20
 \end{array}$$

Abbildung 18 *Beispielaufgaben aus der Mathematikübung im gering belasteten Übungsformat ( $M^-$ )*

#### 4.4.1.2 Hohe Belastung

Im hoch belasteten Format wurden die Aufgaben in Form von Zielscheiben und Rechenhäusern dargeboten (Anhang H; Auszug in Abbildung 19). Bei den Zielscheiben stand die Summe im Zentrum und die Summanden waren unsystematisch auf die äußeren Felder der Scheibe verteilt.

Die Häuser enthielten die Summe im Dach und darunter stand der Operationsterm mit unsystematischem Wechsel der Lücken beim ersten oder zweiten Summanden.

Jeweils drei Aufgaben eines Blocks waren als Zielscheibe und drei als Haus dargestellt und die beiden zugehörigen Abbildungen waren untereinander angeordnet, so dass innerhalb eines Blocks ein Wechsel des Formats erfolgte. Der Einsatz der beiden Formate könnte dazu führen, dass Schüler eine klare Unterscheidung der beiden Aufgabentypen annehmen, welche inhaltlich allerdings nicht existiert.

Zudem waren die einzelnen Felder der Zielscheiben und Häuser unterschiedlich eingefärbt, was irreführend sein könnte. Beispielsweise könnte dies zu der Annahme führen, dass die Farben Hinweise geben, was aber nicht der Fall war. Darüber ist es möglich, dass die variierende Größe der einzelnen Felder in den Zielscheiben vermuten lässt, dass auch die Relationen inhaltlich relevant sein könnten und zum Beispiel eine größere Zahl im äußeren Ring der Scheibe stehen müsse. Ein weiterer Aspekt kognitiver Belastung liegt in der unklaren Operation der Zielscheibenaufgaben. Es wäre neben der vorgesehenen Operation (die beiden Zahlen im äußeren und inneren Kreiselement ergeben die Summe im Zentrum) auch ein mögliches Vorgehen, die drei Zahlen im äußeren und mittleren Ring zu addieren. Diese Fehldeutung könnte zusätzlich durch die Färbung der Kreissegmente unterstützt werden.

Bei den Aufgaben im Häuserformat musste man, um die Aufgabe erfolgreich zu bearbeiten, entweder die Summe gut erinnern oder immer wieder zum Dach springen, was eine besondere Belastung für das Arbeitsgedächtnis mit sich bringen sollte. Neben der Anforderung der eigentlichen Operation mussten die Schüler daher ihre Aufmerksamkeit im Sinne eines *split attention effects* auf räumlich getrennte Objekte richten. Diese Belastung liegt hier zwar lediglich in geringem Maße vor, sollte aber dennoch in der Auswertung berücksichtigt werden.

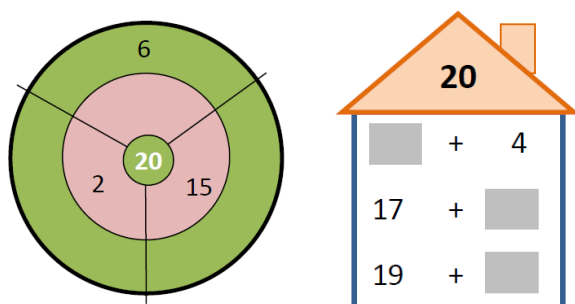


Abbildung 19 Beispielaufgaben aus der Mathematikübung im hoch belasteten Übungsformat ( $M^+$ )

#### 4.4.2 Rechtschreibaufgaben

Die Übungseinheit im Rechtschreiben verfolgte zwei Ziele, die sich aus der Vorlage eines Übungsheftes ableiteten (Kapitel 2.8.4). Zum einen sollten die Schüler die Schreibung von <sp>

und <st>, zum anderen die Silbentrennung zwei- bis viersilbiger Wörter üben. Die Schüler bearbeiteten zwei zweisilbige, vier dreisilbige und zwei viersilbige Wörter und hatten in beiden Formaten die Aufgabe, vorgegebene Silben zu Wörtern zusammenzusetzen. Alle Wörter enthielten <sp> oder <st> und waren durch ein Bild veranschaulicht.

Ebenso wie in Mathematik basieren die Übungen zum Rechtschreiben auf einem bestehenden Format aus einem Übungsheft. Hier war es bereits notwendig, für das hoch belastete Format erste Entlastungen vorzunehmen. Im Rahmen einer Vorstudie hatte sich gezeigt, dass die Schüler mit dem Originalformat überfordert waren. Für das gering belastete Format wurden zusätzliche Änderungen vorgenommen, welche die kognitive Belastung weiter reduzieren sollten. Die Merkmale der beiden Formate und ihre angenommenen Auswirkungen werden in den folgenden beiden Abschnitten erläutert.

#### 4.4.2.1 Geringe Belastung

Im extrinsisch niedrig belasteten Format bestand die Aufgabe darin, insgesamt acht Wörter aus einer Auswahl von Silben zusammenzubauen und zu schreiben (Anhang I; Auszug in Abbildung 20). Dabei war jeweils eine Silbe vorgegeben, die nächste mussten die Schüler aus drei Alternativen wählen, unterstreichen und das Wort anschließend komplett schreiben. Sie wurden dazu angehalten, die Silben beim Schreiben mitzusprechen. Außerdem stand auf dem Blatt ein Hinweis, dass die Lautfolgen /ʃp/ und /ʃt/ mit Hilfe von <sp> und <st> verschriftet werden.

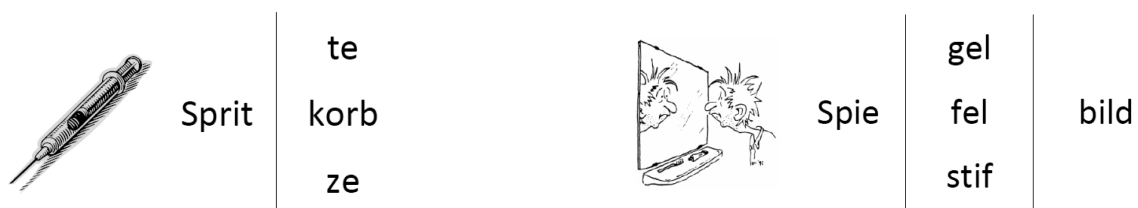


Abbildung 20 Beispielaufgaben aus der Rechtschreibübung im gering belasteten Übungsformat (RS<sup>-</sup>)

#### 4.4.2.2 Hohe Belastung

Im hoch belasteten Format wurden die gleichen acht Wörter wie im niedrig belasteten Format dargeboten, allerdings in Form eines Rätsels (Anhang J; Auszug in Abbildung 21). Die Schüler mussten auch hier Silben zu Wörtern zusammenbauen und diese entsprechenden Bildern zuordnen. Dabei war die Auswahl der Silben größer und die zusammengehörigen Silben standen weiter auseinander als im gering belasteten Format. Die höhere Arbeitsgedächtnisbelastung entsteht, da mehr Elemente parallel im Arbeitsgedächtnis

bereitgehalten werden müssen, bevor die Schüler entscheiden können, welche für die Lösung zu nutzen sind. Zudem sollte der *split attention*-Effekt zum Tragen kommen, da Informationen, die zusammengehören, unnötig weit voneinander entfernt sind und die Aufmerksamkeit gleichzeitig auf mehrere Elemente gelenkt werden muss.

Um die Rahmenbedingungen der beiden Übungsformate parallel zu halten, erfolgte auch hier in der Aufgabenstellung der Hinweis, dass die Schüler die Silben beim Schreiben mitsprechen sollen. Ebenso wurde auf die Schreibung der Lautfolgen /ʃp/ und /ʃt/ als <sp> und <st> verwiesen.

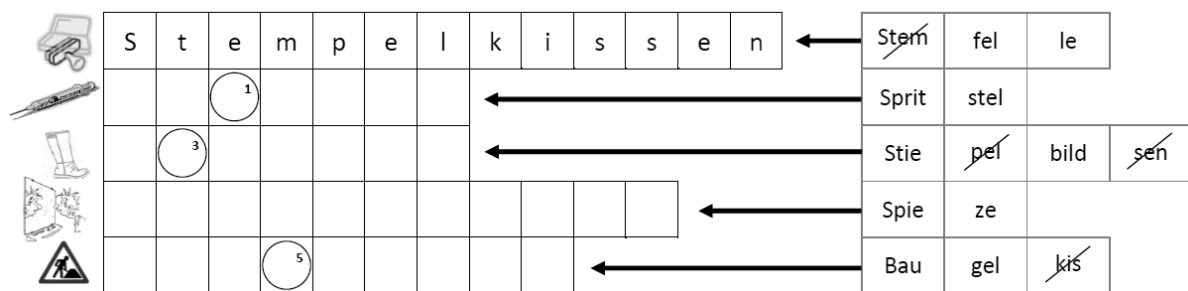


Abbildung 21 Beispielaufgaben aus der Rechtschreibübung im hoch belasteten Übungsformat (RS+)

#### 4.5 Statistische Methoden

Alle statistischen Analysen erfolgen mit dem Programm *IBM SPSS Statistics Version 21*. Zur Klärung der Unterschiede in der Menge der gelösten Aufgaben, der Bearbeitungszeit, dem Aufmerksamkeitsverhalten, der Anzahl der Fragen und Auslassungen sowie der Bewertung der Aufgaben durch die Schüler werden *t*-Tests für unabhängige Stichproben herangezogen. Bortz und Schuster (2010) geben drei Voraussetzungen für deren Anwendung an: Es liegen (1) unabhängige Zufallsstichproben vor, (2) die Varianzen der beiden Stichproben sind gleich und (3) die untersuchten Merkmale sind in beiden Gruppen normalverteilt. Allerdings reagiert der *t*-Test robust auf eine Verletzung der letzten beiden Voraussetzungen (Boneau, 1960; Sawilowsky & Blair, 1992). Dies trifft vor allem zu, wenn gleich große Stichproben aus einer ähnlichen Grundgesamtheit vorliegen (Bortz & Schuster, 2010). Dieses Kriterium ist in der vorliegenden Arbeit erfüllt, so dass der *t*-Test im Falle einer Verletzung der beiden anderen Voraussetzungen dennoch zum Einsatz kommt. Sollte keine Varianzhomogenität gegeben sein, werden die Werte mit Hilfe des Welch-Tests ermittelt, welcher eine Korrektur der Freiheitsgrade mit sich bringt.

Kurzfristige Übungseffekte von Prä- zu Posttest werden mit Hilfe von Varianzanalysen mit Messwiederholung (ANOVA) untersucht. Dies ist ein gängiges Verfahren für Interventionsstudien (Bortz & Schuster, 2010).

In Mathematik soll der Einfluss des Instruktionsdesigns in Abhängigkeit von den individuellen Voraussetzungen der Schüler untersucht werden. Zusätzlich sollen aber auch differenzierte Aussagen dazu getroffen werden, ob die Effekte je nach Schwierigkeit der Übungsaufgaben (Block I bis III) variieren. Um den Einfluss des Vorwissens, der Arbeitsgedächtnisleistung, der ADHS-Merkmale, des Aufmerksamkeitsverhaltens und des Selbstkonzepts zu untersuchen, werden Varianzanalysen (ANOVA) mit dreifach gestuftem Innersubjektfaktor (drei Schwierigkeitsstufen) durchgeführt. Zusätzlich zu den jeweiligen Haupteffekten werden Interaktionen des Vorwissens, der Arbeitsgedächtnisleistung, der ADHS-Merkmale, des Aufmerksamkeitsverhaltens und des Selbstkonzepts jeweils mit dem Übungsformat und der Schwierigkeit überprüft. Zudem wird in allen Fällen die Dreifachinteraktion zwischen den genannten lernerseitigen Voraussetzungen, der Schwierigkeit und dem Übungsformat in die Modelle aufgenommen. Auf diese Weise sollen Unterschiede in den beiden Übungsformaten je nach Ausprägung der Voraussetzungen (Vorwissen, Arbeitsgedächtnis, ADHS-Merkmale, Aufmerksamkeitsverhalten, Selbstkonzept) und in Abhängigkeit von der Schwierigkeit der Aufgaben aufgezeigt und damit moderierende Effekte untersucht werden. Im Falle signifikanter Dreifachinteraktionen wird die Wirkung der Faktoren auf den drei Schwierigkeitsstufen mit Hilfe der Regressionskoeffizienten differenziert untersucht und separat angegeben.

Um die Leistungen der Schüler beider Gruppen im Rechtschreiben genauer zu untersuchen, kommen Kovarianzanalysen (ANCOVA) zum Einsatz. Die Leistung in der Übung dient als abhängige Variable, während das Vorwissen, die Leistung im Arbeitsgedächtnis und die Einschätzung der ADHS-Merkmale, das Aufmerksamkeitsverhalten im Prätest und das Selbstkonzept als Kovariaten einbezogen werden. Die Übungsbedingung geht als Faktor in die Analyse ein. Um den moderierenden Einfluss der genannten Kovariaten zu analysieren, werden Interaktionen mit dem Übungsformat in das Modell einbezogen.

Die im Folgenden genannten Anwendungsvoraussetzungen werden vor jeder Analyse geprüft. Sind sie nicht erfüllt, kommen die Analysen dennoch zum Einsatz, sofern dies aufgrund der Robustheit der Analysen zulässig ist.

Für die Gültigkeit der  $F$ -Tests in ANOVA und ANCOVA gelten grundlegend die gleichen Anwendungsvoraussetzungen: (1) Zunächst müssen die Residuen in allen Gruppen normalverteilt sein. (2) Darüber hinaus müssen die Varianzen der Residuen innerhalb der Stichproben homogen und (3) die Residuen unabhängig voneinander sein (Bortz, 1999). Die zuletzt genannte Anforderung ist allerdings bereits erfüllt, wenn die einzelnen Gruppen verschiedene Stichproben darstellen (Bortz, 1999), was in der vorliegenden Studie gegeben ist. Eine Verletzung der anderen beiden Bedingungen kann vernachlässigt werden, da ANOVA und

ANCOVA sehr robuste Verfahren darstellen (Bortz, 1999). Solange vergleichsweise große Stichproben vorliegen, was bereits bei Zellengrößen von zehn bis 20 der Fall ist (Bortz & Schuster, 2010; Stevens, 1999), ist die Normalverteilung nicht mehr als notwendige Voraussetzung zu betrachten. Bei Stichprobengrößen von über 50 sind sogar große Abweichungen von der Normalverteilung unproblematisch (Stevens, 1999). Ähnliches ist für die Varianzhomogenität anzunehmen: Sind die untersuchten Gruppen etwa gleich groß, kann auch sie als Voraussetzung vernachlässigt werden. Dies gilt sogar bis zu einem Verhältnis von 1.5 zwischen der kleinsten und der größten Gruppe (Stevens, 1999). Beide Kriterien sind in der vorliegenden Studie erfüllt (Gruppen > 50; Unterschiede übersteigen nicht das Verhältnis von 1.5), so dass die Analysen selbst im Falle einer Verletzung der genannten Anwendungsvoraussetzungen zum Einsatz kommen können.

Für die ANCOVA ist zusätzlich zu berücksichtigen, dass die Ausprägung der Kovariaten auf jeder Faktorstufe identisch sein muss (Jamieson, 2004; Miller & Chapman, 2001) und in jeder Faktorbedingung homogene Regressionssteigungen der abhängigen Variable auf die Kovariate vorliegen sollen. Allerdings ist letzteres in der hier durchgeführten Untersuchung gewollt, so dass dieses Kriterium nicht eingehalten werden kann. Dieses Vorgehen ist dennoch zu rechtfertigen, da Verletzungen der genannten Anwendungsvoraussetzungen akzeptabel sind, sofern gleich große Stichproben vorliegen (Hamilton, 1977; Rogosa, 1980), was in der vorliegenden Studie der Fall ist.

## 5 Ergebnisse

Die Ergebnisse werden im Folgenden getrennt für die Bereiche Mathematik und Rechtschreiben dargestellt. Die beiden Abschnitte sind allerdings gleich aufgebaut: Zunächst werden die Ausgangsbedingungen und Unterschiede zwischen den beiden Gruppen (geringe und hohe Belastung) in relevanten Variablen dargelegt. Darauf folgen die Befunde zu Leistungsunterschieden in der Übung in Abhängigkeit vom Format und den zusätzlich erhobenen Einflussvariablen. Darüber hinaus werden deren moderierende Effekte geprüft, um herauszuarbeiten, welche Faktoren die Übungsleistungen im Rahmen der Studie wie beeinflussen. Abschließend werden kurzfristige Übungszugewinne dargestellt.

### 5.1 Mathematik

#### *Fehlende Werte*

Von einigen Kindern fehlen Daten zu einzelnen Variablen, da Testhefte nicht ausgewertet werden konnten, Schüler den Raum während der Durchführung verließen oder sie am Testtag nicht anwesend waren. Aus schulorganisatorischen Gründen konnten die Daten nicht nacherhoben werden. Statt der 161 Kinder im hoch belasteten und der 165 im niedrig belasteten Format gehen daher zum Teil geringfügig veränderte Stichproben in die Analysen ein. In der folgenden Übersicht werden die genauen Stichprobengrößen zusammengefasst (Tabelle 3).

Tabelle 3 Stichprobengrößen für die einzelnen Variablen und aufgeteilt nach den Gruppen geringe ( $M^-$ ) und hohe ( $M^+$ ) Belastung

Variable	geringe Belastung ( $M^-$ )	hohe Belastung ( $M^+$ )	gesamt
	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>N</i>
Vorwissen	165	161	326
Übungsleistung	165	161	326
Leistung im Posttest	155	150	305
Anzahl der Fragen im Prätest	165	161	326
Anzahl der Fragen in der Übung	165	161	326
Arbeitsgedächtnis Gesamtwert	160	156	316
Phonologische Schleife	161	156	317
Zentrale Exekutive	160	156	316
Visuell-räumliches Arbeitsgedächtnis	161	156	317
ADHS Gesamtwert	160	155	315
Unaufmerksamkeit	162	158	320
Impulsivität	162	158	320
Hyperaktivität	162	157	319
Aufmerksamkeitsverhalten im Prätest	164	161	325
Aufmerksamkeitsverhalten in der Übung	164	161	325
Selbstkonzept	163	156	319
Spaß bei der Aufgabenbearbeitung	154	149	303
Einschätzung der Schwierigkeit	152	147	299

### 5.1.1 Deskriptive Statistiken und Voralysen

Die Unterschiede zwischen den Mathematikgruppen geringe ( $M^-$ ) und hohe Belastung ( $M^+$ ) wurden mittels *t*-Tests für unabhängige Stichproben ermittelt. Zwar sind die Voraussetzungen der Normalverteilung (Kolmogorov-Smirnoff-Test) und der Varianzhomogenität (Levene-Test) nicht für alle Merkmale erfüllt, aber bei etwa gleich großen unabhängigen Stichproben reagiert der *t*-Test robust auf Verletzungen seiner Voraussetzungen (Bortz & Schuster, 2010) und kann somit dennoch angewendet werden. Ist die Varianzhomogenität nicht vorhanden, wird der Welch-Test verwendet, mit dem eine Korrektur der Freiheitsgrade einhergeht.

Die beiden Gruppen unterscheiden sich nicht signifikant in der Geschlechterverteilung ( $t_{(324)} = 0.35$ ;  $p = .73$ ). Auch in der Lehrereinschätzung der Merkmale für ADHS sind keine signifikanten Diskrepanzen festzustellen. Die deskriptiven Statistiken sowie die Ergebnisse der entsprechenden *t*-Tests sind in Tabelle 4 dargestellt.



Tabelle 4 Deskriptive Statistiken der beiden Gruppen geringe ( $M^-$ ) und hohe ( $M^+$ ) Belastung in der Bewertung der ADHS-Merkmale Aufmerksamkeit, Impulsivität und Hyperaktivität durch die Lehrkräfte und  $t$ -Tests zu Gruppenunterschieden

	max.	geringe Belastung ( $M^-$ )		hohe Belastung ( $M^+$ )		Gruppenunterschiede		
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i> <sub>(318)</sub>	<i>p</i>	<i>Cohens d</i>
Unaufmerksamkeit	3	0.88	0.85	1.03	0.88	1.37	.17	0.17
Impulsivität	3	0.68	0.94	0.65	0.85	-0.27	.79	0.03
Hyperaktivität	3	0.65	0.91	0.64	0.81	0.14 <sup>a</sup>	.89	0.01
ADHS-Gesamtwert	9	2.20	2.37	2.31	2.22	-0.67 <sup>b</sup>	.67	0.05

Anmerkungen.  
<sup>a</sup>  $df = 317$ . <sup>b</sup>  $df = 313$ .

In den folgenden Tabellen sind die deskriptiven Statistiken für die beiden Untersuchungsgruppen im Prätest und in der Übung dargestellt. Dabei sind die Werte zum Prätest für die Summe korrekt gelöster Aufgaben sowie die in der Übung enthaltenen und die Transferaufgaben aufgeführt.

Tabelle 5 sind die Unterschiede in den Ausgangsvoraussetzungen in der Leistung, in der Bearbeitungszeit, in der Anzahl der Auslassungen sowie in der Anzahl der Fragen zu entnehmen. Es zeigt sich, dass zum Prätest in keiner der Variablen signifikante Differenzen zwischen den beiden Gruppen geringe ( $M^-$ ) und hohe ( $M^+$ ) Belastung bestehen.

Tabelle 5 Deskriptive Statistiken der beiden Gruppen geringe ( $M^-$ ) und hohe ( $M^+$ ) Belastung im Prätest und  $t$ -Tests zu Prätestunterschieden

	max.	geringe Belastung ( $M^-$ )		hohe Belastung ( $M^+$ )		Gruppenunterschiede		
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i> <sub>(324)</sub>	<i>p</i>	<i>Cohens d</i>
Summe korrekt gelöster Aufgaben	24	17.87	5.88	16.91	6.41	-1.42	.16	0.16
enthaltene Aufgaben	10	7.17	2.74	6.71	2.97	1.46	.15	0.35
Transferaufgaben	14	10.70	3.28	10.20	3.58	1.33	.19	0.15
Bearbeitungszeit	13	7.84	3.09	7.95	3.08	0.32	.75	0.04
Auslassungen	24	1.79	3.78	2.01	4.09	0.49	.63	0.06
Anzahl der Fragen	-	1.25	1.69	1.31	1.84	0.32	.75	0.03

In Tabelle 6 sind die Ergebnisse der  $t$ -Tests zum Aufmerksamkeitsverhalten während des Prätests dargestellt. Auch hier zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den

beiden Gruppen  $M^-$  und  $M^+$ , so dass vergleichbare Ausgangsbedingungen angenommen werden können.

Tabelle 6 Deskriptive Statistiken der beiden Gruppen geringe ( $M^-$ ) und hohe ( $M^+$ ) Belastung zum Aufmerksamkeitsverhalten im Prätest (in Prozent) und t-Tests zu Gruppenunterschieden

Aufmerksamkeits- verhalten (in %)	geringe Belastung ( $M^-$ ) <sup>a</sup>		hohe Belastung ( $M^+$ )		Gruppenunterschiede		
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i> (323)	<i>p</i>	<i>Cohens d</i>
on passiv	94.04	11.12	92.74	11.72	-1.03	.31	0.39
on aktiv	0.67	2.80	1.43	5.40	1.59 <sup>a</sup>	.11	0.18
off passiv	4.55	9.30	5.47	9.75	0.87	.39	0.10
off aktiv	0.74	4.12	0.36	2.95	-0.96	.34	0.11
off gesamt	5.29	10.47	5.83	10.00	0.47	.64	0.11

Anmerkungen.

<sup>a</sup> Wegen eines signifikanten Levene-Tests auf Varianzgleichheit wurde die Zahl der Freiheitsgrade auf 239 korrigiert.

Weder in den einzelnen Komponenten des Arbeitsgedächtnisses noch im Gesamtwert liegen signifikante Unterschiede zwischen den beiden Untersuchungsgruppen vor. Die deskriptiven Statistiken sowie die Ergebnisse der entsprechenden *t*-Tests sind in Tabelle 7 dargestellt. Der Gesamtwert ist die Summe der z-standardisierten Werte der Einzelkomponenten.

Tabelle 7 Deskriptive Statistiken der beiden Gruppen geringe ( $M^-$ ) und hohe ( $M^+$ ) Belastung zu den Arbeitsgedächtnisleistungen (z-standardisiert) und t-Tests zu Gruppenunterschieden

Arbeitsgedächtnis- komponenten	max.	geringe Belastung ( $M^-$ )		hohe Belastung ( $M^+$ )		Gruppenunterschiede		
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i> (315)	<i>p</i>	<i>Cohens d</i>
phonologische Schleife	16	6.31	1.35	6.46	1.50	-0.91	.36	0.11
zentrale Exekutive	16	4.83	1.39	5.11	1.17	-1.98 <sup>b</sup>	.05	0.22
vis.-räuml. Notizblock (statisch)	24	3.08	3.23	3.39	3.29	-0.86	.39	0.10
vis.-räuml. Notizblock (dynamisch)	28	11.30	3.00	11.42	2.84	-0.35	.73	0.04
visuell-räumliches AG <sup>a</sup>	-	0.04	0.75	-0.03	0.77	-0.80	.42	0.09

Anmerkungen.

vis.-räuml.: visuell-räumlich. AG: Arbeitsgedächtnis

<sup>a</sup> z-Werte.

### 5.1.2 Gruppenunterschiede in der Übung

Die Ergebnisse der  $t$ -Tests zu Unterschieden in der Übung sind Tabelle 8 zu entnehmen. Erwartungsgemäß liegen signifikante Differenzen zwischen den Gruppen  $M^-$  und  $M^+$  in der Leistung, der Bearbeitungszeit, den Auslassungen und der Anzahl der Fragen vor. Die deskriptiven Statistiken zeigen, dass die Gruppe mit dem gering belasteten Format ( $M^-$ ) in allen Variablen überlegen ist. Schüler, die das gering belastete Format bearbeiteten, lösten demzufolge mehr Aufgaben richtig, benötigten signifikant weniger Bearbeitungszeit, ließen weniger Aufgaben aus und stellten weniger Fragen.

Tabelle 8 Deskriptive Statistiken der beiden Gruppen geringe ( $M^-$ ) und hohe ( $M^+$ ) Belastung in Leistung, Bearbeitungszeit, Auslassungen und Anzahl der Fragen in der Übung sowie  $t$ -Tests zu Gruppenunterschieden

	max.	geringe Belastung ( $M^-$ )		hohe Belastung ( $M^+$ )		Gruppenunterschiede		
		$M$	$SD$	$M$	$SD$	$t_{(324)}$	$p$	Cohens $d$
Summe korrekt gelöster Aufgaben	30	21.89	8.19	18.83	8.69	-3.27	< .01	0.36
Bearbeitungszeit	13	8.37	2.99	10.30	2.90	5.91	< .01	0.66
Auslassungen	30	3.47	6.44	6.43	8.06	3.67 <sup>a</sup>	< .01	0.41
Anzahl der Fragen	-	0.75	1.03	6.11	4.08	16.15 <sup>b</sup>	< .01	1.81

Anmerkungen.

<sup>a</sup> Wegen eines signifikanten Levene-Tests auf Varianzgleichheit wurde die Zahl der Freiheitsgrade auf 306 korrigiert.

<sup>b</sup> Wegen eines signifikanten Levene-Tests auf Varianzgleichheit wurde die Zahl der Freiheitsgrade auf 180 korrigiert.

Auch im Aufmerksamkeitsverhalten sind Unterschiede festzustellen, welche für das passive on task- und das aktive on task-Verhalten signifikant werden (Tabelle 9). Die Gruppe mit der geringeren Belastung ( $M^-$ ) zeigt einen signifikant höheren Anteil passiven on task-Verhaltens, während in der Gruppe mit dem höher belasteten Format ( $M^+$ ) deutlich mehr aktives on task-Verhalten auftritt. Dies ist vor dem Hintergrund der Fragestellung nicht positiv zu werden, sondern spricht für einen größeren Bedarf an zusätzlicher Erklärung bei den Aufgaben im hoch belasteten Format. Mit einer Effektstärke von  $d_{\text{korrr}} = 0.61$  liegt diese Differenz im mittleren Bereich und ist durchaus als praktisch relevant zu bewerten. Im off task-Verhalten zeigen sich hingegen keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen.

Tabelle 9 Deskriptive Statistiken der beiden Gruppen geringe ( $M^-$ ) und hohe ( $M^+$ ) Belastung zum Aufmerksamkeitsverhalten in der Übung (in Prozent) und  $t$ -Tests zu Gruppenunterschieden

Aufmerksamkeits- verhalten (in %)	geringe Belastung ( $M^-$ ) <sup>a</sup>		hohe Belastung ( $M^+$ )		Gruppenunterschiede		
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i> (323)	<i>p</i>	<i>Cohens d</i>
on passiv	92.14	15.63	86.38	16.98	-3.18	<.01	0.35
on aktiv	0.76	3.36	4.83	8.84	5.47 <sup>a</sup>	<.01	0.61
off passiv	6.04	13.95	8.19	13.35	1.42	.16	0.16
off aktiv	1.06	4.89	0.60	3.10	-1.01 <sup>b</sup>	.31	0.11
off gesamt	7.10	15.26	8.78	13.91	1.04	.30	0.12

Anmerkungen.

<sup>a</sup> Wegen eines signifikanten Levene-Tests auf Varianzgleichheit wurde die Zahl der Freiheitsgrade auf 205 korrigiert.

<sup>b</sup> Wegen eines signifikanten Levene-Tests auf Varianzgleichheit wurde die Zahl der Freiheitsgrade auf 277 korrigiert.

In den Fragen zum Selbstkonzept und zur Bewertung der Aufgaben sind keine signifikanten Diskrepanzen zwischen den beiden Übungsgruppen festzustellen. Die Ergebnisse der  $t$ -Tests sind in Tabelle 10 dargestellt. Beim Selbstkonzept („Ich kann gut rechnen.“) war aufgrund der randomisierten Zuweisung von etwa gleichen Werten für beide Gruppen auszugehen. Bei den Fragen zum Spaß bei der Bearbeitung und zur Schwierigkeit der Aufgaben hingegen, welche nach den Übungsaufgaben erhoben wurden, wäre theoriegeleitet zu erwarten gewesen, dass das gering belastete Format besser abschneidet.

Bei allen drei Fragen fällt auf, dass die Antworten der Schüler nur gering variieren. Sie schätzen ihre Leistungen im Mittel als gut bis sehr gut ein, geben an, viel bis sehr viel Spaß bei der Übung gehabt zu haben und kreuzen an, die Aufgaben seien eher einfach gewesen. Dies entspricht den Erkenntnissen der Selbstkonzeptforschung, nach denen insbesondere junge Schüler ihre Leistungen häufig noch zu positiv einschätzen (für einen Überblick Randhawa, 2012).

Tabelle 10 Deskriptive Statistiken zu den drei Komponenten des Selbstkonzepts und  $t$ -Tests zu Gruppenunterschieden

Komponenten des Selbstkonzepts	max.	geringe Belastung ( $M^-$ )		hohe Belastung ( $M^+$ )		Gruppenunterschiede		
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>Cohens d</i>
Selbstkonzept	5	4.34	0.93	4.40	0.87	-0.53 <sup>a</sup>	.59	0.07
Spaß	5	4.38	1.03	4.27	1.15	0.86 <sup>b</sup>	.39	0.10
Schwierigkeit	5	1.93	1.13	1.97	1.11	-0.30 <sup>c</sup>	.77	0.04

Anmerkungen.

<sup>a</sup>  $df = 317$ . <sup>b</sup>  $df = 301$ . <sup>c</sup>  $df = 297$ .

Die bivariaten Korrelationen zwischen den verschiedenen Einflussvariablen sind in Tabelle 37 in Anhang K dargestellt. Sie liegen größtenteils im Bereich geringer bis moderater Zusammenhänge. Die Richtung der signifikanten Korrelationen stimmt jedoch mit theoriegeleiteten Erwartungen überein.

### 5.1.3 Übungsleistung unter Berücksichtigung lernerseitiger Voraussetzungen

Wenn man die Auswirkungen des Instruktionsdesigns untersuchen möchte, ist die Leistung in der Übung in einer minimalen Intervention wie der vorliegenden, welche lediglich in einer Variation des Übungsmaterials besteht, das wichtigste Maß. Sie zeigt, ob die Schüler der beiden Gruppen in der Übungsphase tatsächlich unterschiedlich effektiv üben.

Die Kovarianzanalyse mit der Übungsleistung als abhängige Variable, dem Vorwissen als Kovariate und der Übungsbedingung als Faktor ergibt insgesamt eine Varianzaufklärung von 53.6 Prozent (bei korrigiertem  $R^2$ ). Sowohl das Vorwissen ( $F_{(2,323)} = 355.63$ ;  $p < .01$ ,  $\eta^2 = .52$ ) als auch die Übungsbedingung ( $F_{(2,323)} = 10.50$ ;  $p < .01$ ,  $\eta^2 = .03$ ) leisten einen signifikanten Beitrag zur Erklärung der Leistung in der Übung. Mit Cohens  $d_{\text{kor}} = 0.36$  liegt ein kleiner Effekt für den Unterschied in der Übungsleistung vor. Dieser ist in Abbildung 22 graphisch veranschaulicht.

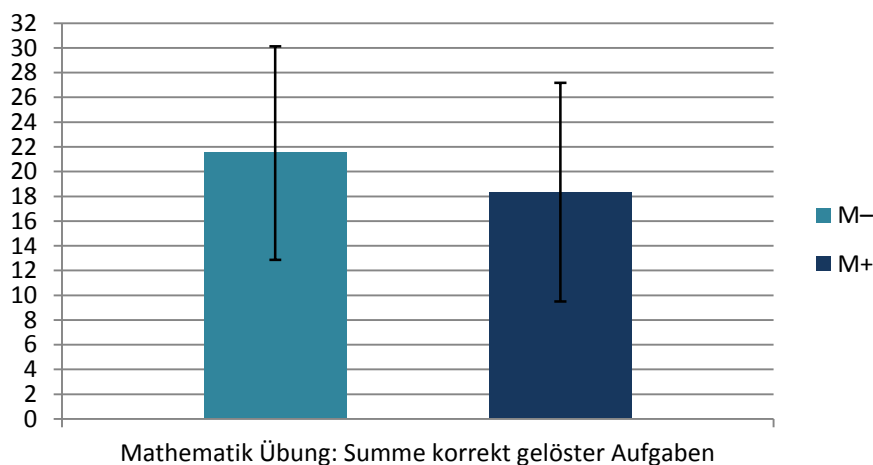


Abbildung 22 ANCOVA Mathematik: Leistung in der Übung

Da anzunehmen ist, dass die Bedeutung des Übungsformats und auch die weiteren Einflussvariablen je nach Schwierigkeitsgrad der Aufgaben variiert, werden im Folgenden Varianzanalysen mit der Schwierigkeit als Innersubjektfaktor gerechnet. Die Schwierigkeit wird über die drei Übungsblöcke operationalisiert. Um die Leistungen trotz unterschiedlicher Aufgabenanzahl in den drei Blöcken vergleichen zu können, gehen sie in Prozent korrekt gelöster Aufgaben in die Analyse ein. Die gleiche Analyse wird für das Vorwissen, das Arbeitsgedächtnis, die ADHS-Merkmale sowie das Selbstkonzept durchgeführt.

### 5.1.3.1 Vorwissen

Da die Übungsleistung unter Berücksichtigung des Anforderungsniveaus untersucht werden soll, sind in Tabelle 11 die deskriptiven Statistiken zur Leistung in der Übungsphase separat für die drei Schwierigkeitsstufen aufgeführt. In einer Varianzanalyse wird die Schwierigkeit der Aufgaben als Innersubjektfaktor einbezogen und das Vorwissen als Kovariate berücksichtigt. Anschließend werden die Randmittel für Schüler mit geringem (- 1 SD) und gutem (+ 1 SD) Vorwissen geschätzt.

Tabelle 11 Deskriptive Statistiken der beiden Gruppen geringe ( $M^-$ ) und hohe ( $M^+$ ) Belastung in der Übung für die drei Schwierigkeitsstufen (Block I bis III; Prozent korrekt gelöster Aufgaben) und Gruppenunterschiede zwischen  $M^-$  und  $M^+$

	geringe Belastung ( $M^-$ )		hohe Belastung ( $M^+$ )		Gruppenunterschiede		
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i> (324)	<i>p</i>	<i>Cohens d</i>
Block I	92.02	22.21	86.65	23.92	2.10 <sup>a</sup>	< .05	0.23
Block II	78.94	29.66	68.27	30.53	3.20	< .01	0.35
Block III	57.47	39.28	45.34	38.82	2.81	< .01	0.31

Anmerkungen.

<sup>a</sup> Wegen eines signifikanten Levene-Tests auf Varianzgleichheit wurde die Zahl der Freiheitsgrade auf 321 korrigiert.

In Abbildung 23 sind die Ergebnisse der Varianzanalyse graphisch dargestellt. Wie zu erwarten schneiden die Schüler insgesamt besser ab, je mehr Vorwissen sie mitbringen und je einfacher die Aufgaben sind. Dies drückt sich in Haupteffekten des Vorwissens ( $F_{(1,322)} = 341.72$ ;  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .52$ ) und der Schwierigkeit ( $F_{(2,644)} = 309.97$ ;  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .49$ ) aus. Für das Übungsformat zeigt sich ebenfalls ein Haupteffekt ( $F_{(1,322)} = 9.78$ ;  $p < .01$ ,  $\eta^2 = .03$ ), welcher zugunsten des gering belasteten Formats ausfällt.

Die Relevanz des Vorwissens steigt mit zunehmender Schwierigkeit an, was sich im Interaktionseffekt Schwierigkeit x Vorwissen ( $F_{(2,644)} = 59.98$ ;  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .16$ ) niederschlägt. Dies ist auch den Regressionskoeffizienten des Vorwissens in der linearen Regression zu entnehmen. Hier zeigt sich der große Einfluss des Vorwissens auf allen drei Schwierigkeitsstufen (Block I  $b = 7.83$ ,  $SE = 1.62$ ;  $t_{(325)} = 4.83$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .07$ ; Block II  $b = 18.76$ ,  $SE = 1.84$ ;  $t_{(325)} = 10.22$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .25$ ; Block III  $b = 26.79$ ,  $SE = 2.20$ ;  $t_{(325)} = 12.18$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .32$ ), verstärkt sich aber mit zunehmender Schwierigkeit deutlich. Erwartungsgemäß können auch die schwachen Schüler bei den leichten Aufgaben die meisten Items lösen.

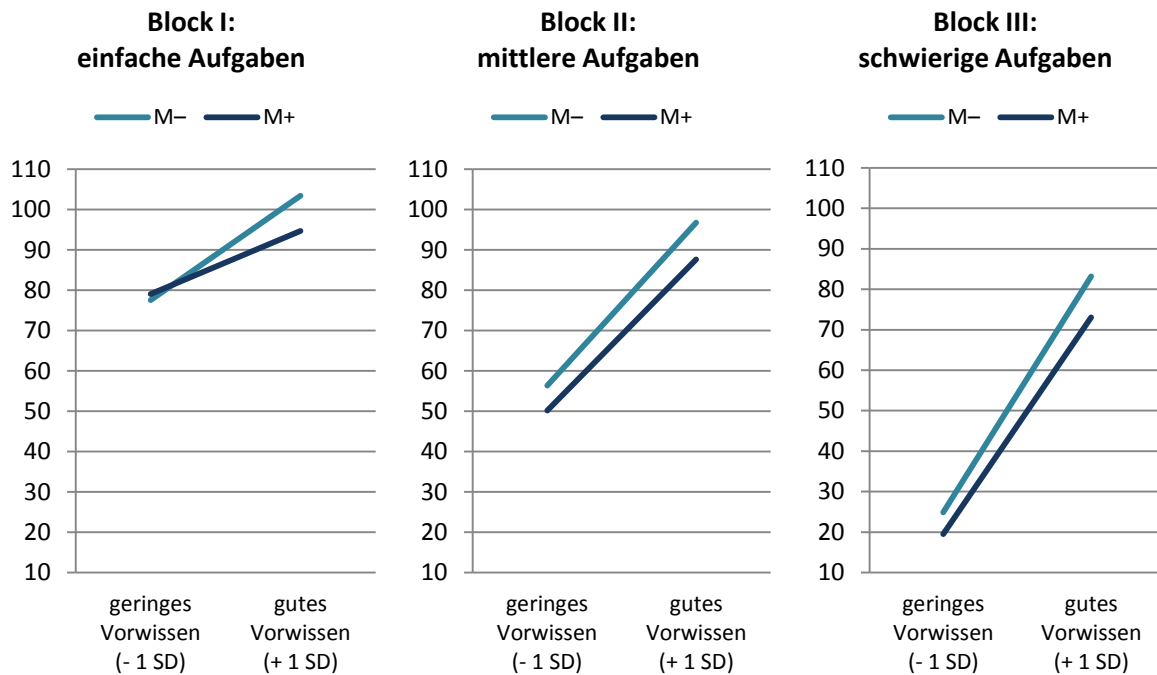


Abbildung 23 Einfluss des Vorwissens auf die Übungsleistung getrennt für die drei Schwierigkeitsstufen in Abhängigkeit von der Belastung (geringe M- vs. hohe M+); geschätzte Randmittel in Prozent korrekt gelöster Aufgaben

Die Schüler lösen demnach mehr Aufgaben korrekt, wenn sie das gering belastete Format erhalten und ebenso wenn sie gutes Vorwissen mitbringen. Außerdem hängt die Leistung von der Schwierigkeit der Aufgaben ab. Entgegen den Erwartungen ist allerdings keine Interaktion des Übungsformats mit dem Vorwissen ( $F_{(1,322)} = 2.04$ ;  $p = .15$ ;  $\eta^2 = .01$ ) oder der Schwierigkeit ( $F_{(2,644)} = 1.17$ ;  $p = .31$ ;  $\eta^2 = .00$ ) festzustellen, was bedeutet, dass diese Effekte unabhängig vom bearbeiteten Format auftreten.

Auch die Dreifachinteraktion zwischen der Schwierigkeit, dem Vorwissen und der Übungsbedingung ist nicht signifikant ( $F_{(2,644)} = 0.72$ ;  $p = .47$ ;  $\eta^2 = .00$ ). Die Annahme, das gering belastete Format könne schwache Voraussetzungen kompensieren, trifft demzufolge nicht zu. Beim Vorwissen ist das jedoch auch nicht zu erwarten, da es, insbesondere bei der hier verwendeten proximalen Diagnostik, den größten Prädiktor für die Übungsleistung darstellt. Insgesamt lässt sich aus den Befunden ableiten, dass die Schüler bessere Ergebnisse erzielen, wenn sie das gering belastete Format erhalten. Zudem zeigt sich ein großer Einfluss des Vorwissens, welcher vor allem bei den schwierigen Aufgaben zum Tragen kommt, da bei den einfachen Aufgaben Deckeneffekte vorliegen.

#### 5.1.3.2 Arbeitsgedächtnis

Die korrigierten Trennschärfekoeffizienten für die Arbeitsgedächtnismaße sind gering ( $r = .11$  bis  $.20$ ) und die vier Aufgaben hängen ebenfalls gering oder gar nicht signifikant zusammen

( $r = .05$  bis  $.24$ ) (Tabelle 12). Daher ist es sinnvoll, den Einfluss der einzelnen Arbeitsgedächtniskomponenten getrennt zu untersuchen. Das Konstrukt Arbeitsgedächtnis setzt sich aus der phonologischen Schleife, der zentralen Exekutive und dem visuell-räumlichen Arbeitsgedächtnis zusammen, welche verschieden stark ausgeprägt sein und somit zu unterschiedlichen Profilen führen können.

Die beiden Subtests zum visuell-räumlichen Notizblock, Matrixspanne und Corsiblock, werden auch in gängigen Testverfahren trotz moderater Korrelationen zusammengefasst. Aufgrund der geringen Zusammenhänge ( $r = .14$ ,  $p < .05$ ) wurden hier sämtliche Analysen auch separat gerechnet. Dabei zeigten sich allerdings keine grundlegenden Unterschiede. In den folgenden Analysen wird nun der Gesamtwert des visuell-räumlichen Arbeitsgedächtnisses herangezogen, um Redundanzen zu vermeiden.

Tabelle 12 Bivariate Korrelationen zwischen Vorwissen, Übungsleistung und Arbeitsgedächtnis (AG)

	Vorwissen	Übung	phonologisch	zentrale Exekutive	visuell-räumlich
Übung	.72**	1			
phonologisch	.20**	.14*	1		
zentrale Exekutive	.26**	.25**	.24**	1	
visuell-räumlich	.20**	.20**	.05	.11	1

Anmerkungen.

\* Signifikanzniveau .05. \*\* Signifikanzniveau .01.

Die berichteten Korrelationen gelten für die Gesamtstichprobe. Separate Analysen zu den beiden Übungsgruppen weisen teilweise auf unterschiedlich starke Zusammenhänge zwischen dem Übungsformat und den Arbeitsgedächtnisressourcen je nach Übungsformat hin. Die Bedeutung der einzelnen Ressourcen für die Übungsleistung und die Unterschiede, die dabei zwischen den beiden Formaten bestehen, werden im Folgenden anhand varianzanalytischer Verfahren genauer untersucht.



Die Ergebnisse der Varianzanalysen über die drei Schwierigkeitsstufen mit den einzelnen Komponenten des Arbeitsgedächtnisses sind in Tabelle 13 zusammengefasst. Für alle drei Komponenten liegen Haupteffekte vor, welche sich zusätzlich zum in allen Analysen durchweg signifikanten Effekt des Übungsformats zeigen. Allerdings finden sich für keine der Komponenten phonologische Schleife, zentrale Exekutive und visuell-räumliches Arbeitsgedächtnis (Matrixspanne und Corsiblock) Interaktionseffekte mit dem Übungsformat. Dies bedeutet, dass sowohl das Übungsformat als auch die Kapazität der drei Arbeitsgedächtniskomponenten die Schülerleistungen in der Übung vorhersagen, dass sich aber keine der vermuteten Wechselwirkungen bestätigt.

Tabelle 13 Haupt- und Interaktionseffekte in Varianzanalysen über die drei Schwierigkeitsstufen zum Einfluss der einzelnen Arbeitsgedächtniskomponenten und des Übungsformats auf die Übungsleistung

Haupt- und Interaktionseffekte	Ergebnisse der ANOVAs		
<b>Phonologische Schleife</b>	$F_{(1,313)} = 5.74$	$p < .05$	$\eta^2 = .02$
Übungsformat	$F_{(1,313)} = 10.27$	$p < .01$	$\eta^2 = .03$
Schwierigkeit	$F_{(2,626)} = 246.46$	$p < .001$	$\eta^2 = .44$
Phonologische Schleife x Übungsformat	$F_{(1,313)} = 0.69$	$p = .41$	$\eta^2 = .00$
Schwierigkeit x Übungsformat	$F_{(2,626)} = 1.99$	$p = .14$	$\eta^2 = .01$
Schwierigkeit x phonologische Schleife	$F_{(2,626)} = 2.10$	$p = .12$	$\eta^2 = .01$
Übungsformat x Schwierigkeit x phonologische Schleife	$F_{(2,626)} = 1.22$	$p = .30$	$\eta^2 = .00$
<b>Zentrale Exekutive</b>	$F_{(1,312)} = 18.69$	$p < .001$	$\eta^2 = .06$
Übungsformat	$F_{(1,312)} = 8.29$	$p < .01$	$\eta^2 = .03$
Schwierigkeit	$F_{(2,624)} = 239.54$	$p < .001$	$\eta^2 = .43$
Zentrale Exekutive x Übungsformat	$F_{(1,312)} = 1.25$	$p = .26$	$\eta^2 = .00$
Schwierigkeit x Übungsformat	$F_{(2,624)} = 1.47$	$p = .23$	$\eta^2 = .01$
Schwierigkeit x zentrale Exekutive	$F_{(2,624)} = 3.15$	$p < .05$	$\eta^2 = .01$
Übungsformat x Schwierigkeit x zentrale Exekutive	$F_{(2,624)} = 0.47$	$p = .62$	$\eta^2 = .00$
<b>Visuell-räumliches AG</b>	$F_{(1,313)} = 17.15$	$p < .001$	$\eta^2 = .05$
Übungsformat	$F_{(1,313)} = 10.28$	$p < .01$	$\eta^2 = .03$
Schwierigkeit	$F_{(2,626)} = 244.84$	$p < .001$	$\eta^2 = .44$
Visuell-räumliches AG x Übungsformat	$F_{(1,313)} = 2.33$	$p = .13$	$\eta^2 = .01$
Schwierigkeit x Übungsformat	$F_{(2,626)} = 1.85$	$p = .16$	$\eta^2 = .01$
Schwierigkeit x visuell-räumliches AG	$F_{(2,626)} = 3.53$	$p < .05$	$\eta^2 = .01$
Übungsformat x Schwierigkeit x visuell-räumliches AG	$F_{(2,626)} = 2.53$	$p = .08$	$\eta^2 = .01$
<i>Anmerkungen.</i>			
<i>AG: Arbeitsgedächtnis</i>			

Der bereits zuvor berichtete Haupteffekt der Schwierigkeit tritt in allen drei Analysen auf und die Schwierigkeit erweist sich mit einer Effektstärke von  $\eta^2 = .43 - .44$  als größter Einflussfaktor auf die Übungsleistung (Abbildung 24, Abbildung 25 und Abbildung 26). Während die phonologische Schleife über alle drei Schwierigkeitsstufen gleichermaßen wirkt, variieren die Effekte der zentralen Exekutive und des visuell-räumlichen Arbeitsgedächtnisses mit steigender Schwierigkeit, was sich an den signifikanten Interaktionseffekten ablesen lässt. Je schwieriger die Aufgaben sind, desto größer ist der Einfluss der Arbeitsgedächtnisleistungen. Allerdings ist für keine der getesteten Dreifachinteraktionen Übungsformat x Schwierigkeit x Arbeitsgedächtnis ein statistisch bedeutsamer Effekt festzustellen. Demzufolge übernehmen die Arbeitsgedächtnisressourcen in diesem Fall keine moderierende Funktion für die Wirkung des Übungsformats.

Die beschriebenen Effekte sind in Abbildung 24, Abbildung 25 und Abbildung 26 graphisch veranschaulicht. Augenscheinlich wird der Unterschied zwischen den beiden Formaten größer, je besser die Arbeitsgedächtnisressourcen der phonologischen Schleife und der zentralen Exekutive sind. Dagegen liegt beim visuell-räumlichen Notizblock tendenziell eher das erwartete Muster vor, nach dem sich die Unterschiede bei besseren Ressourcen verringern und das gering belastete Format sein Hauptpotential bei Schülern entfaltet, die schwache Voraussetzungen mitbringen. Dieses Bild entspricht den Erwartungen, die augenscheinlichen Zusammenhänge schlagen sich aber nicht in entsprechenden Interaktionseffekten nieder.

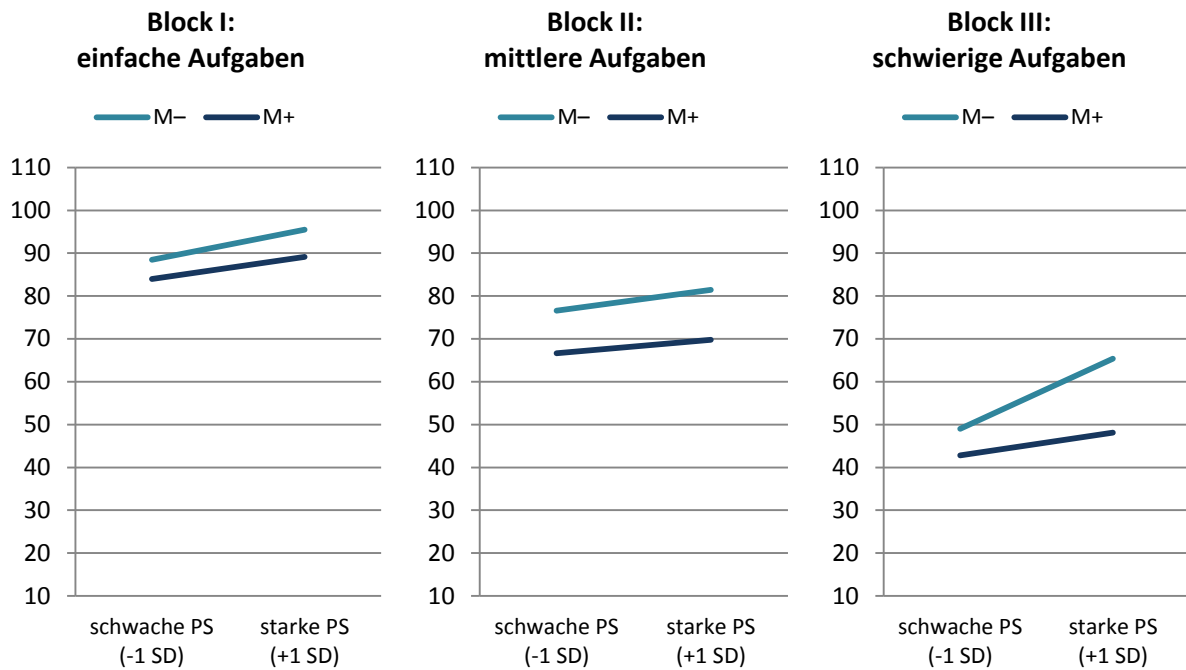


Abbildung 24 Einfluss der phonologischen Schleife (PS) auf die Übungsleistung getrennt für die drei Schwierigkeitsstufen in Abhängigkeit von der Belastung (geringe M<sup>-</sup> vs. hohe M<sup>+</sup>); geschätzte Randmittel in Prozent korrekt gelöster Aufgaben

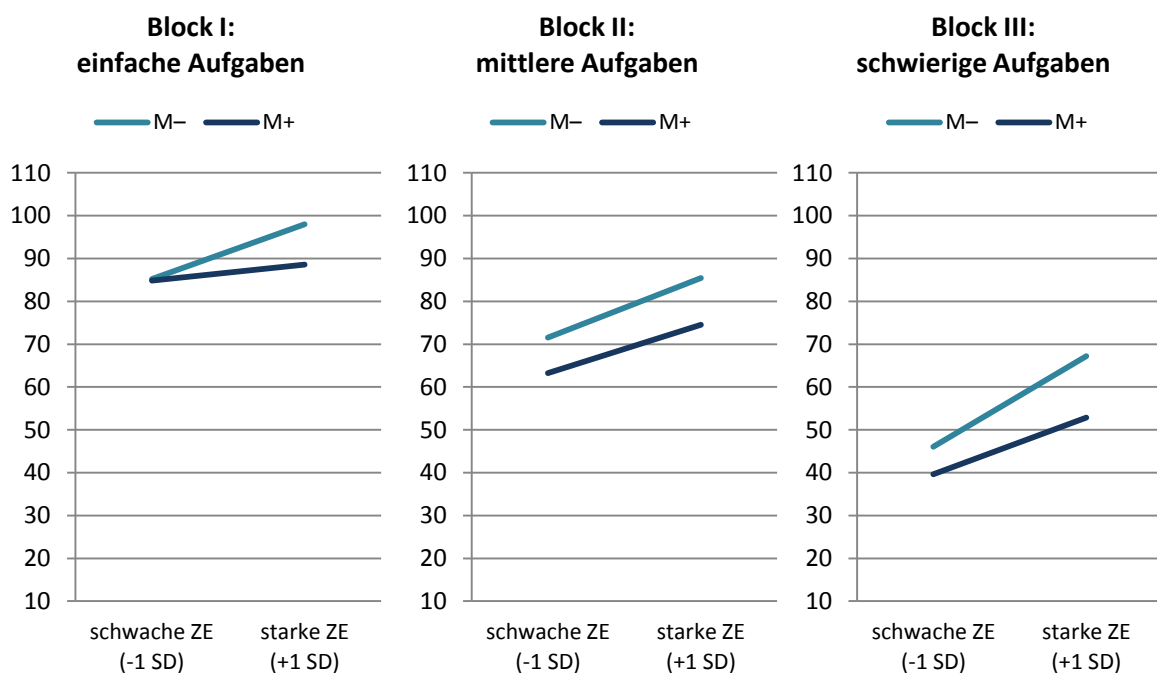


Abbildung 25 Einfluss der zentralen Exekutive (ZE) auf die Übungsleistung getrennt für die drei Schwierigkeitsstufen in Abhängigkeit von der Belastung (geringe M<sup>-</sup> vs. hohe M<sup>+</sup>); geschätzte Randmittel in Prozent korrekt gelöster Aufgaben

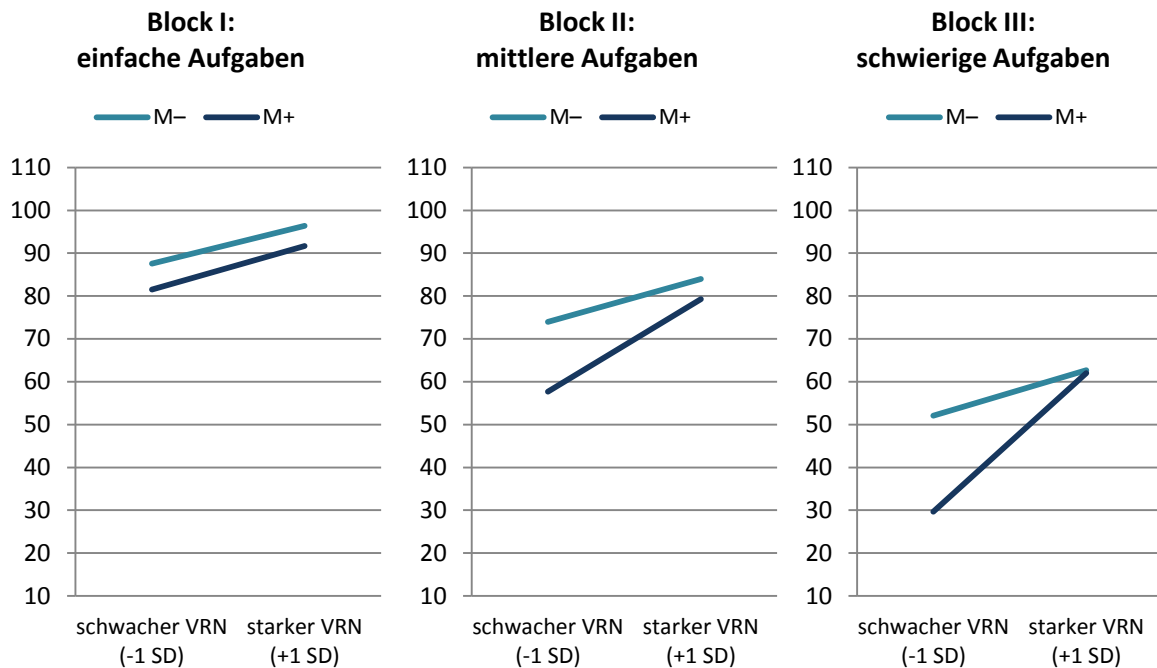


Abbildung 26 Einfluss des visuell-räumlichen Notizblocks (VRN) auf die Übungsleistung getrennt für die drei Schwierigkeitsstufen in Abhängigkeit von der Belastung (geringe M<sup>-</sup> vs. hohe M<sup>+</sup>); geschätzte Randmittel in Prozent korrekt gelöster Aufgaben

### 5.1.3.3 ADHS-Merkmale

Zwischen den Leistungsvariablen Vorwissen und Übungsleistung und den einzelnen Komponenten des ADHS-Fragebogens bestehen kaum Zusammenhänge. Die in Tabelle 14 aufgeführten Korrelationen zeigen, dass ausschließlich die Unaufmerksamkeit und der ADHS-Gesamtwert mit den Leistungen zusammenhängen. Allerdings sind auch diese Korrelationen als niedrig einzustufen. Zudem ist zu beachten, dass die Unaufmerksamkeit deutlich besser differenziert als Impulsivität und Hyperaktivität, da in diesen beiden Variablen Bodeneffekte vorliegen. Höhere Zusammenhänge von  $r = .54$  bis  $.75$  bestehen zwischen den drei Konstrukten Unaufmerksamkeit, Impulsivität und Hyperaktivität, was erlaubt, sie auch in Form des Gesamtwertes in die Analysen einzubeziehen.

Tabelle 14 Bivariate Korrelationen zwischen Vorwissen, Übungsleistung und ADHS-Merkmalen

	Vorwissen	Übungsleistung	Unaufmerksam- samkeit	Impulsivität	Hyperaktivität
Übungsleistung	.72**	1			
Unaufmerksam- samkeit	-.25**	-.26**	1		
Impulsivität	-.03	-.01	-.54**	1	
Hyperaktivität	-.09	-.06	-.64**	.75**	1
ADHS gesamt	-.16**	-.14*	.83**	.88**	.91**

Anmerkungen:

\* Signifikanzniveau .05. \*\* Signifikanzniveau .01.

In einer Varianzanalyse mit Messwiederholung über die drei Schwierigkeitsstufen mit der Übungsleistung als abhängiger Variable und dem ADHS-Gesamtwert als Kovariate zeigen sich erwartungsgemäß Haupteffekte für die Schwierigkeit ( $F_{(2,622)} = 246.02$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .44$ ), das Übungsformat ( $F_{(1,311)} = 11.10$ ;  $p < .01$ ;  $\eta^2 = .03$ ) und die ADHS-Einschätzung ( $F_{(1,311)} = 5.43$ ;  $p < .05$ ;  $\eta^2 = .02$ ). Zusätzlich ist ein Interaktionseffekt zwischen der Schwierigkeit und dem ADHS-Wert ( $F_{(2,622)} = 3.28$ ;  $p < .05$ ;  $\eta^2 = .01$ ) festzustellen. Je schwieriger die Aufgaben sind, desto größer ist der Einfluss der ADHS-Merkmale. Die Ergebnisse der linearen Regression geben weiteren Aufschluss über die spezifische Wirkung auf die Leistung in den drei Blöcken. Danach hat die ADHS-Einschätzung der Lehrer lediglich in Block II einen signifikanten Einfluss ( $b = -7.16$ ,  $SE = 2.80$ ;  $t_{(314)} = -2.55$ ;  $p < .05$ ;  $\eta^2 = .02$ ), nicht aber in Block I und III. Diese Ergebnisse zeigen sich auch in den entsprechenden Diagrammen in Abbildung 27. Die Interaktion Schwierigkeit x Übungsbedingung ( $F_{(2,622)} = 1.64$ ;  $p = .20$ ;  $\eta^2 = .01$ ) und die Dreifachinteraktion zwischen Schwierigkeit, Übungsbedingung und dem ADHS-Wert ( $F_{(2,622)} = 0.43$ ;  $p = .65$ ;  $\eta^2 = .00$ ) hingegen sind nicht signifikant.

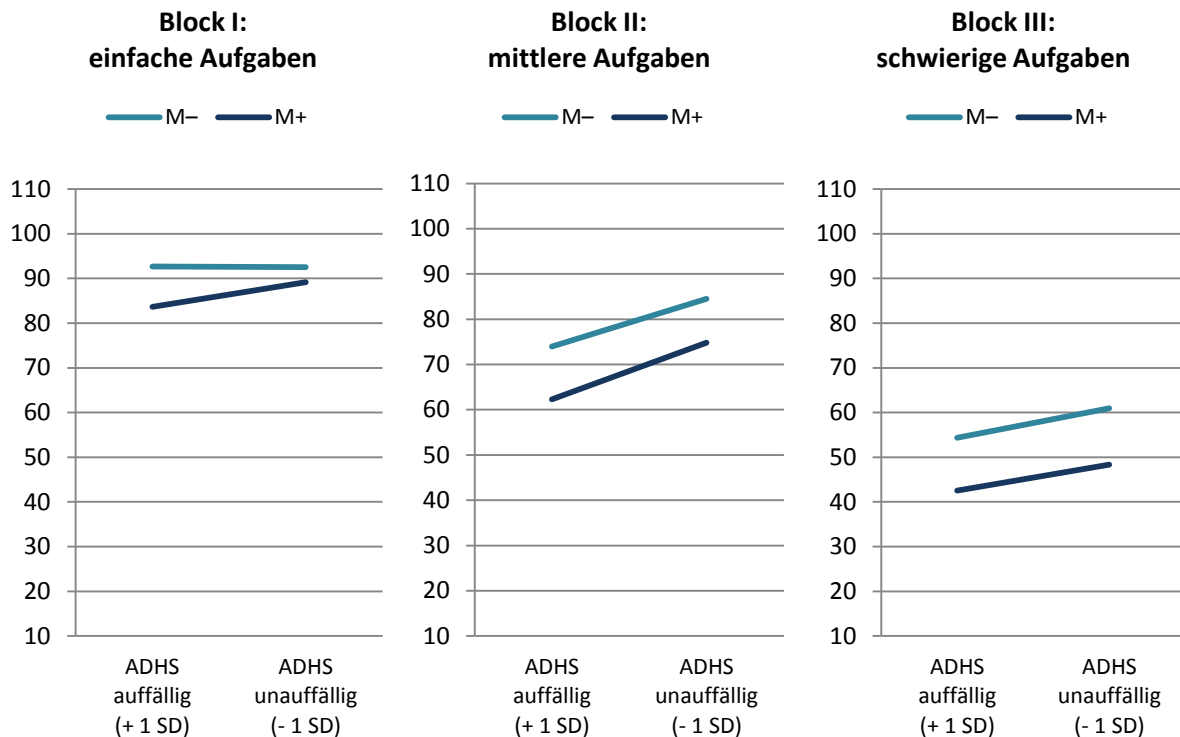


Abbildung 27 Einfluss der ADHS-Bewertung auf die Übungsleistung, getrennt für die drei Schwierigkeitsstufen in Abhängigkeit von der Belastung (geringe M<sup>-</sup> vs. hohe M<sup>+</sup>); geschätzte Randmittel in Prozent korrekt gelöster Aufgaben

Theoriegeleitet ist anzunehmen, dass insbesondere der Grad der Unaufmerksamkeit einen Einfluss auf die Übungsleistung hat und auch die Korrelationen zeigen ausschließlich für die Unaufmerksamkeit signifikante Zusammenhänge mit den Leistungsmaßen (Tabelle 14). Die Bewertung der Unaufmerksamkeit durch die Lehrer korreliert zudem mit dem on task-Verhalten der Schüler während der Bearbeitung der Aufgaben im Prätest ( $r = -.14$ ,  $p < .05$ ). Es zeigt sich ein negativer Zusammenhang, der zwar signifikant, aber gering ist. Tendenziell ist der Anteil des on task-Verhaltens demnach im Prätest geringer je stärker die Lehrkraft die Unaufmerksamkeit einschätzt. Mit der Hyperaktivität und der Impulsivität ergeben sich keine signifikanten Korrelationen, was darauf hinweisen könnte, dass der Fragebogen mit seinen drei Skalen tatsächlich unterschiedliche Konstrukte erfasst und dass die Aufmerksamkeitsleistung in der vorliegenden Aufgabensituation eine besondere Rolle für das Bearbeitungsverhalten spielt. Jedoch sind hier auch die bereits genannten Bodeneffekte zu berücksichtigen, die für geringe Zusammenhänge verantwortlich sein können.

Die besondere Bedeutung der Aufmerksamkeit bestätigt sich in Varianzanalysen, wenn statt der Gesamteinschätzung die einzelnen Aspekte der ADHS-Bewertung berücksichtigt werden. Hier zeigt sich zusätzlich zum Effekt des Übungsformats ausschließlich ein Haupteffekt der Unaufmerksamkeit (siehe Tabelle 15).

Tabelle 15 Haupt- und Interaktionseffekte in Varianzanalysen mit Messwiederholung zum Einfluss der Aufmerksamkeit, Impulsivität und Hyperaktivität auf die Übungsleistung bei Kontrolle des Übungsformats

Haupt- und Interaktionseffekte	Ergebnisse der ANOVAs		
<b>Unaufmerksamkeit</b>	$F_{(1,316)} = 18.99$	$p < .001$	$\eta^2 = .06$
Übungsformat	$F_{(1,316)} = 9.72$	$p < .01$	$\eta^2 = .03$
Schwierigkeit	$F_{(2,632)} = 249.04$	$p < .001$	$\eta^2 = .44$
Unaufmerksamkeit x Übungsformat	$F_{(1,316)} = 0.00$	$p = .97$	$\eta^2 = .00$
Schwierigkeit x Übungsformat	$F_{(2,632)} = 1.41$	$p = .24$	$\eta^2 = .00$
Schwierigkeit x Unaufmerksamkeit	$F_{(2,632)} = 6.40$	$p < .01$	$\eta^2 = .02$
Übungsformat x Schwierigkeit x Unaufmerksamkeit	$F_{(2,632)} = 0.48$	$p = .62$	$\eta^2 = .00$
<b>Impulsivität</b>	$F_{(1,316)} = 0.07$	$p = .79$	$\eta^2 = .00$
Übungsformat	$F_{(1,316)} = 11.00$	$p < .01$	$\eta^2 = .03$
Schwierigkeit	$F_{(2,632)} = 247.80$	$p < .001$	$\eta^2 = .44$
Impulsivität x Übungsformat	$F_{(1,316)} = 0.02$	$p = .90$	$\eta^2 = .00$
Schwierigkeit x Übungsformat	$F_{(2,632)} = 2.11$	$p = .12$	$\eta^2 = .01$
Schwierigkeit x Impulsivität	$F_{(2,632)} = 2.70$	$p = .07$	$\eta^2 = .01$
Übungsformat x Schwierigkeit x Impulsivität	$F_{(2,632)} = 0.52$	$p = .60$	$\eta^2 = .00$
<b>Hyperaktivität</b>	$F_{(1,315)} = 1.36$	$p = .24$	$\eta^2 = .00$
Übungsformat	$F_{(1,315)} = 11.31$	$p < .01$	$\eta^2 = .04$
Schwierigkeit	$F_{(2,630)} = 247.74$	$p < .001$	$\eta^2 = .44$
Hyperaktivität x Übungsformat	$F_{(1,315)} = 0.53$	$p = .47$	$\eta^2 = .00$
Schwierigkeit x Übungsformat	$F_{(2,630)} = 2.13$	$p = .12$	$\eta^2 = .01$
Schwierigkeit x Hyperaktivität	$F_{(2,630)} = 1.26$	$p = .29$	$\eta^2 = .00$
Übungsformat x Schwierigkeit x Hyperaktivität	$F_{(2,630)} = 0.38$	$p = .68$	$\eta^2 = .00$

In der entsprechenden Varianzanalyse zur Aufmerksamkeitsleistung bestätigt sich deren Bedeutung für die Leistung in der Übung (Abbildung 28). Neben Haupteffekten der Schwierigkeit ( $F_{(2,632)} = 249.04$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .44$ ), des Übungsformats ( $F_{(1,316)} = 9.72$ ;  $p < .01$ ;  $\eta^2 = .03$ ) und der Unaufmerksamkeit ( $F_{(1,316)} = 18.99$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .06$ ) tritt ein Interaktionseffekt Schwierigkeit x Unaufmerksamkeit auf ( $F_{(2,632)} = 6.40$ ;  $p < .01$ ;  $\eta^2 = .02$ ). In der linearen Regression über die drei Schwierigkeitsstufen schlägt sich dieser Effekt in Haupteffekten der Unaufmerksamkeit (Block I  $b = -3.67$ ,  $SE = 1.79$ ;  $t_{(319)} = -2.05$ ;  $p < .05$ ;  $\eta^2 = .01$ ; Block II  $b = -8.10$ ,  $SE = 2.26$ ;  $t_{(319)} = -3.59$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .04$ ; Block III  $b = -6.62$ ,  $SE = 3.05$ ;  $t_{(319)} = -2.17$ ;  $p < .05$ ;  $\eta^2 = .02$ ) nieder und es zeigt sich, dass der Einfluss der Unaufmerksamkeit in Block II am stärksten ist.

Obwohl sich in der graphischen Darstellung in Abbildung 28 andeutet, dass sich das Muster von Block I zu Block II und III umkehrt, bleiben hier die erwarteten Interaktionseffekte zwischen Schwierigkeit und Übungsformat ( $F_{(2,632)} = 1.41$ ;  $p = .24$ ;  $\eta^2 = .00$ ), zwischen

Unaufmerksamkeit und Übungsformat ( $F_{(1,316)} = 0.00$ ;  $p = .97$ ;  $\eta^2 = .00$ ) sowie die Dreifachwechselwirkung zwischen Schwierigkeit, Unaufmerksamkeit und Übungsformat ( $F_{(2,632)} = 0.48$ ;  $p = .62$ ;  $\eta^2 = .00$ ) aus.

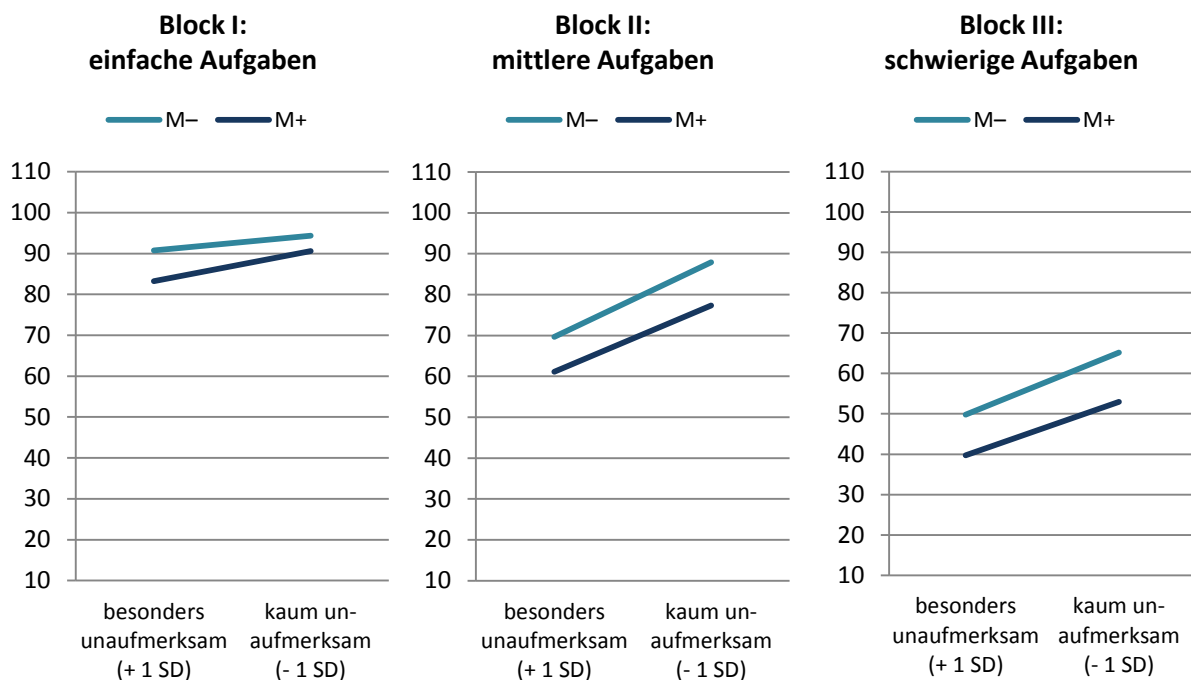


Abbildung 28 Einfluss der Unaufmerksamkeit auf die Übungsleistung auf den drei Schwierigkeitsstufen für die Gruppen geringe (M-) und hohe (M+) Belastung; geschätzte Randmittel in Prozent korrekt gelöster Aufgaben

#### 5.1.3.4 Aufmerksamkeitsverhalten während der Aufgabenbearbeitung

Das Aufmerksamkeitsverhalten im Prätest geht in Form des prozentualen Anteils des passiven on task-Verhaltens in die Analysen ein, da die Annahme besteht, dass die Übungsleistung deutlich besser ist, je mehr passives on task-Verhalten die Schüler zeigen. Die korrelativen Zusammenhänge weisen ebenfalls darauf hin, dass das passive on task-Verhalten sowie das on task-Verhalten insgesamt sowohl mit dem Vorwissen als auch mit der Übungsleistung signifikant korrelieren (Tabelle 16). Auch das passive off task-Verhalten zeigt Zusammenhänge ähnlicher Stärke mit den Leistungsvariablen, wobei diese negativ sind, was bedeutet, je mehr passives off task-Verhalten die Schüler zeigen, umso geringer sind tendenziell ihre Leistungen. Die Korrelationen mit der Übungsleistung unterscheiden sich zwischen den beiden Untersuchungsgruppen nicht signifikant.



Tabelle 16 Bivariate Korrelationen zwischen Vorwissen, Übungsleistung und dem Aufmerksamkeitsverhalten im Prätest

	Vorwissen	Übungs- leistung	on task passiv	on task aktiv	off task passiv	off task aktiv
Übungs- leistung	.72**	1				
on task passiv	.18**	.24**	1			
on task aktiv	-.06	-.08	-.45**	1		
off task passiv	-.18**	-.26**	-.88**	.10	1	
off task aktiv	-.03	.02	-.32**	-.02	.02	1
off task gesamt	-.18**	-.24**	-.93**	.08	.94**	.37**

Anmerkungen:

\* Signifikanzniveau .05. \*\* Signifikanzniveau .01.

In der Varianzanalyse zeigt sich für das Aufmerksamkeitsverhalten ein ähnliches Bild wie bei den vorangegangenen Analysen mit anderen Kovariaten. Wiederum bestätigen sich die Haupteffekte für Schwierigkeit ( $F_{(2,642)} = 261.24$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .45$ ), Übungsformat ( $F_{(1,321)} = 9.19$ ;  $p < .01$ ;  $\eta^2 = .03$ ) und Aufmerksamkeitsverhalten ( $F_{(1,321)} = 17.89$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .05$ ). Zusätzlich ist ein Interaktionseffekt für Schwierigkeit x Aufmerksamkeitsverhalten ( $F_{(2,642)} = 9.33$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .03$ ) festzustellen. Betrachtet man den Einfluss des Aufmerksamkeitsverhaltens in der linearen Regression auf den drei Schwierigkeitsstufen separat, so ist festzustellen, dass sich die Annahme bestätigen lässt, bei einfachen Aufgaben wirkten sich die Unterschiede in den Lernvoraussetzungen weniger stark aus. Während in Block II und III signifikante Haupteffekte für das Aufmerksamkeitsverhalten (Block II  $b = 5.80$ ,  $SE = 2.29$ ;  $t_{(324)} = 2.53$ ;  $p < .05$ ;  $\eta^2 = .02$ ; Block III  $b = 8.74$ ,  $SE = 2.92$ ;  $t_{(324)} = 3.00$ ;  $p < .01$ ;  $\eta^2 = .03$ ) vorliegen, ist in Block I lediglich eine Tendenz zu erkennen ( $b = 2.87$ ,  $SE = 1.77$ ;  $t_{(324)} = 1.62$ ;  $p = .11$ ;  $\eta^2 = .01$ ). Insgesamt ist demzufolge davon auszugehen, dass der Einfluss des Aufmerksamkeitsverhaltens bei schwierigeren Aufgaben zunimmt.

Die weiteren Interaktionseffekte sind nicht signifikant. Überprüft wurden im Einzelnen die Interaktionseffekte Aufmerksamkeitsverhalten x Übungsformat ( $F_{(1,321)} = 0.02$ ;  $p = .90$ ;  $\eta^2 = .00$ ), Schwierigkeit x Übungsformat ( $F_{(2,642)} = 1.72$ ;  $p = .18$ ;  $\eta^2 = .01$ ) sowie die Dreifachinteraktion Schwierigkeit x Aufmerksamkeitsverhalten x Übungsformat ( $F_{(2,642)} = 0.58$ ;  $p = .56$ ;  $\eta^2 = .00$ ). Die Haupt- und Interaktionseffekte sind in Abbildung 29 veranschaulicht.

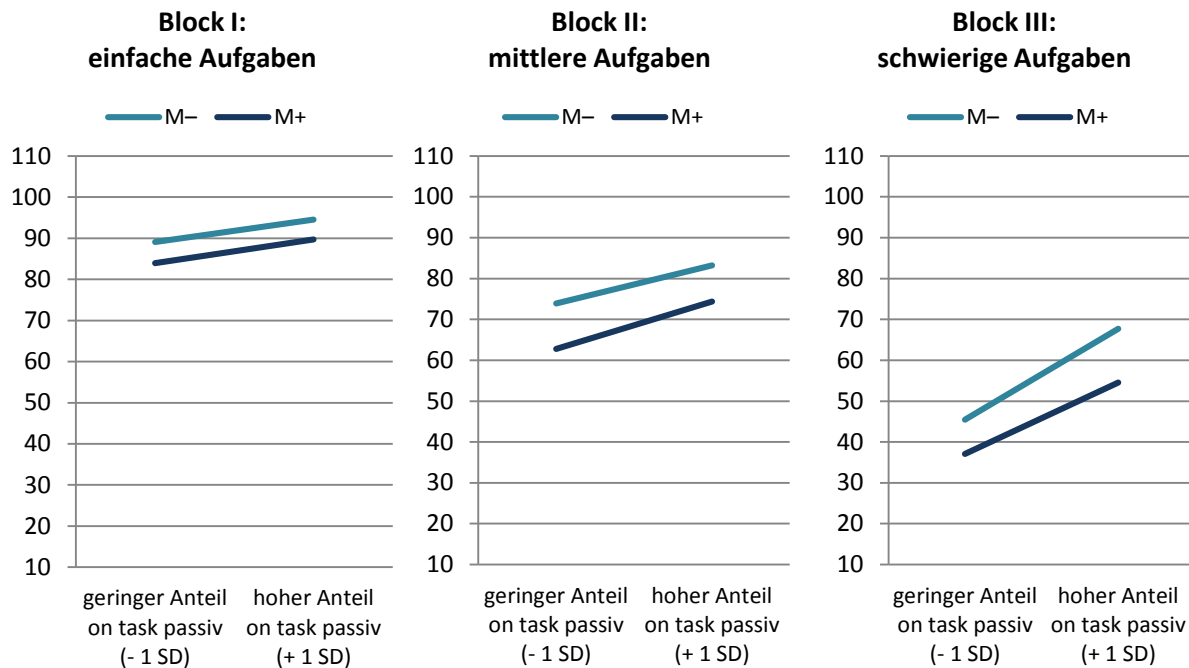


Abbildung 29 Einfluss des Aufmerksamkeitsverhaltens im Prätest auf die Übungsleistung, getrennt für die drei Schwierigkeitsstufen in Abhängigkeit von der Belastung (geringe M- vs. Hohe M+); geschätzte Randmittel in Prozent korrekt gelöster Aufgaben

#### 5.1.3.5 Selbstkonzept

Die Korrelationen zwischen den Leistungsvariablen und den Fragen zum Selbstkonzept liegen im moderaten Bereich (Tabelle 17). Erwartungsgemäß besteht ein positiver Zusammenhang zwischen dem Selbstkonzept und dem Vorwissen sowie der Leistung in der Übung. Je besser die Leistungen sind, desto besser schätzen sich die Schüler auch ein. Das Gleiche gilt für den Spaß während der Übung. Hier geben die Schüler bei besseren Ausgangs- und Übungsleistungen an, mehr Spaß gehabt zu haben. Ein negativer Zusammenhang besteht hingegen zwischen der Einschätzung der Schwierigkeit und allen anderen Variablen. Niedrige Werte bedeuten, die Kinder haben die Aufgaben als einfach wahrgenommen, hohe Werte sagen hingegen aus, dass sie die Aufgaben als schwierig eingestuft haben. Je besser die Kinder ihre eigene Leistung vorab einschätzten und je besser das Vorwissen und die Übungsleistung tatsächlich waren, umso leichter fielen ihnen die Aufgaben. Zudem bewerteten die Schüler den Spaß höher, wenn sie die Aufgabenschwierigkeit als geringer wahrnahmen.

Ein Vergleich zwischen den Korrelationen mit der Übungsleistung in Abhängigkeit von dem dargebotenen Aufgabenformat ergibt, dass Unterschiede bestehen, welche allerdings gering sind und im Rahmen der weitergehenden Analysen untersucht werden.

Tabelle 17 *Bivariate Korrelationen zwischen Vorwissen, Übungsleistung und dem mathematischen Selbstkonzept, dem Spaß bei der Aufgabenbearbeitung und der Einschätzung der Schwierigkeit*

	Vorwissen	Übungsleistung	Selbstkonzept	Spaß
Übungsleistung	.72**	1		
Selbstkonzept	.43**	.36**	1	
Spaß	.37**	.40**	.45**	1
Schwierigkeit	-.46**	-.47**	-.45**	-.55**

Anmerkungen.  
 \* Signifikanzniveau .05. \*\* Signifikanzniveau .01.

Eine Varianzanalyse unter Berücksichtigung der Schwierigkeit als Innersubjektfaktor und dem mathematischen Selbstkonzept („Ich kann gut rechnen.“) als Kovariate erbringt neben dem bekannten Haupteffekt der Schwierigkeit ( $F_{(2,630)} = 256.26$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .45$ ) signifikante Haupteffekte für das Übungsformat ( $F_{(1,315)} = 13.18$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .04$ ) und das Selbstkonzept ( $F_{(1,315)} = 51.91$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .14$ ). Außerdem ist ein signifikanter Interaktionseffekt Schwierigkeit x Selbstkonzept ( $F_{(2,630)} = 9.94$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .03$ ) festzustellen. Die Regressionsanalyse zum Einfluss des Selbstkonzepts auf den drei Schwierigkeitsstufen bestätigt, dass Haupteffekte für das Selbstkonzept in allen drei Schwierigkeitsstufen bestehen, der Einfluss aber in Block I schwächer ist als in Block II und III (Block I  $b = 2.14$ ,  $SE = 0.03$ ;  $t_{(318)} = 2.14$ ;  $p < .05$ ;  $\eta^2 = .01$ ; Block II  $b = 11.23$ ,  $SE = 2.37$ ;  $t_{(318)} = 4.73$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .07$ ; Block III  $b = 13.71$ ,  $SE = 3.06$ ;  $t_{(318)} = 3.06$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .06$ ). Bei steigender Schwierigkeit wächst somit der Unterschied zwischen Kindern, die ihre Leistung als niedrig einschätzen und denen, die ihren eigenen Leistungsstand besser bewerten. Allerdings besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen Vorwissen und Selbstkonzept ( $r = .43$ ,  $p < .01$ ), so dass davon auszugehen ist, dass die Schüler mit einem guten Selbstkonzept auch tatsächlich mit besseren Vorleistungen an die Übungen herangehen, was diesen Effekt erklären könnte. Bei Kontrolle des Vorwissens bleibt für den Haupteffekt des Selbstkonzepts lediglich eine Tendenz ( $F_{(1,314)} = 3.77$ ;  $p = .05$ ;  $\eta^2 = .01$ ) und der Interaktionseffekt Schwierigkeit x Selbstkonzept verschwindet ( $F_{(2,628)} = 0.01$ ;  $p = .99$ ;  $\eta^2 = .00$ ) zugunsten eines Interaktionseffekts Schwierigkeit x Vorwissen ( $F_{(2,628)} = 48.38$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .13$ ). Dies bestätigt die Annahme, dass sich Vorwissen und Selbstkonzept in diesem Fall Varianz teilen.

In der Analyse ohne Kontrolle des Vorwissens erweisen sich alle Interaktionseffekte mit dem Übungsformat als nicht signifikant. Dies gilt sowohl für Schwierigkeit x Übungsformat ( $F_{(2,630)} = 2.27$ ;  $p = .10$ ;  $\eta^2 = .01$ ) und Übungsformat x Selbstkonzept ( $F_{(1,315)} = 0.02$ ;  $p = .90$ ;  $\eta^2 = .00$ ) als auch für die entsprechende Dreifachinteraktion Schwierigkeit x Übungsformat x Selbstkonzept ( $F_{(2,630)} = 2.01$ ;  $p = .14$ ;  $\eta^2 = .01$ ). In Abbildung 30 sind die Ergebnisse zum

Einfluss des Selbstkonzepts graphisch dargestellt. Augenscheinlich variiert der Einfluss des Übungsformats bei sehr einfachen Aufgaben stärker zwischen Kindern mit gutem und schwachem Selbstkonzept als bei schwierigen Aufgaben. Diese Tendenz ist jedoch statistisch nicht reliabel.

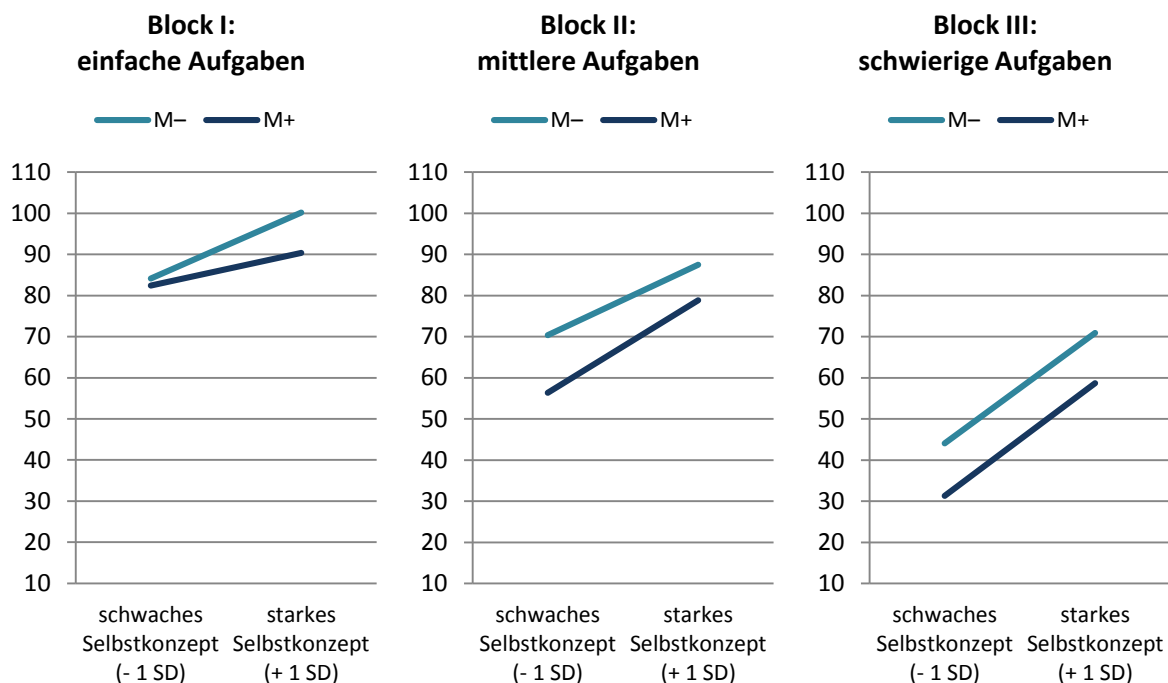


Abbildung 30 Einfluss des Selbstkonzepts (SE) auf die Übungsleistung, getrennt für die drei Schwierigkeitsstufen in Abhängigkeit von der Belastung (geringe M- vs. Hohe M+); geschätzte Randmittel in Prozent korrekt gelöster Aufgaben

Somit lässt sich zusammenfassend feststellen, dass das Selbstkonzept, neben dem Übungsformat und der Schwierigkeit, zur Aufklärung der Varianz in der Übungsleistung beiträgt. Allerdings sind keine Wechselwirkungen mit dem Übungsformat festzustellen und das Selbstkonzept verliert seine Bedeutung, wenn das Vorwissen kontrolliert wird.

Darüber hinaus ist es wichtig zu berücksichtigen, dass bei dem Item zur Erfassung des Selbstkonzepts eine rechtsgipflige Verteilung vorliegt. Über 85 % der Schüler geben an, gut bis sehr gut rechnen zu können. Lediglich unter fünf Prozent schätzen sich als schlechte bis sehr schlechte Rechner ein (Tabelle 18). Diese Verteilung ist jedoch typisch für Schüler im frühen Grundschulalter, die ihre Leistungen häufig noch zu positiv einschätzen und erst im Verlauf der Grundschulzeit zu differenzierteren Urteilen kommen (für einen Überblick Randhawa, 2012).

Tabelle 18 Häufigkeiten der Schülerangaben zum mathematischen Selbstkonzept („Ich kann gut rechnen.“) auf einer fünfstufigen Skala

„Ich kann gut rechnen.“	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Sehr schlecht	7	2.1	2.2	2.2
Schlecht	5	1.5	1.6	3.8
Mittel	35	10.7	11.0	14.7
Gut	88	27.0	27.6	42.3
Sehr gut	184	56.4	57.7	100
Fehlende Werte	7	97.9	100.0	
<i>n</i> (gültig)	326			

#### 5.1.4 Kurzfristige Übungseffekte

Posttestdaten liegen für 155 Kinder in der gering belasteten und für 150 Kinder in der hoch belasteten Gruppe vor, so dass in den Analysen zu Trainingseffekten lediglich diese reduzierte Stichprobe berücksichtigt wird.

Den deskriptiven Statistiken in Tabelle 19 ist bereits zu entnehmen, dass die Prä- und Posttestwerte in beiden Gruppen auf allen überprüften Ebenen nahezu identisch sind.

Tabelle 19 Deskriptive Statistiken der beiden Gruppen geringe ( $M^-$ ) und hohe ( $M^+$ ) Belastung in Prä- und Posttest für die Gesamtleistung, enthaltene sowie Transferaufgaben

	Prätest					Posttest			
	max.	geringe Belastung ( $M^-$ )		hohe Belastung ( $M^+$ )		geringe Belastung ( $M^-$ )		hohe Belastung ( $M^+$ )	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Summe korrekt gelöster Aufgaben	24	17.76	5.96	17.09	6.34	17.57	6.65	16.93	7.05
enthaltene Aufgaben	10	7.11	2.76	6.79	2.96	7.08	2.94	6.85	3.16
Transferaufgaben	14	10.65	3.34	10.31	3.53	10.50	3.85	10.13	3.98

Eine Varianzanalyse mit Messwiederholung mit dem Prätest und dem Posttest als Innersubjektvariablen und der Übungsbedingung als Zwischensubjektfaktor zeigt, dass in der Übung kein signifikanter Lernzuwachs erzielt wird ( $F_{(1,303)} = 0.67$ ;  $p = .41$ ;  $d_{\text{korr}} = 0.02$ ). Auch der Interaktionseffekt Zeit x Übungsbedingung wird nicht signifikant ( $F_{(1,303)} = 0.01$ ;  $p = .94$ ). Das gleiche Ergebnis zeigt sich für die Analyse mit den in der Übung enthaltenen Aufgaben (Haupteffekt der Zeit  $F_{(1,302)} = 0.01$ ;  $p = .92$ ;  $d_{\text{korr}} = 0.04$ ; Interaktion Zeit x Übungsbedingung  $F_{(1,302)} = 0.17$ ;  $p = .68$ ). Ebenso sind in den Transferaufgaben keine kurzfristigen

Trainingseffekte festzustellen (Haupteffekt der Zeit  $F_{(1,303)} = 1.65$ ;  $p = .20$ ;  $d_{\text{kor}} = 0.00$ ; Interaktion Zeit x Übungsbedingung  $F_{(1,303)} = 0.13$ ;  $p = .94$ ).

Insgesamt ist aus den Varianzanalysen abzuleiten, dass sich die Schüler in der Übungsstunde auf keiner der überprüften Ebenen signifikant verbessert haben. Dies gilt für beide Übungsbedingungen gleichermaßen.

## 5.2 Rechtschreiben

### *Fehlende Werte*

Da einige Kinder während der Bearbeitung den Raum verließen, an einzelnen Testtagen fehlten oder Testhefte nicht auswertbar waren, fehlen Daten zu einzelnen Variablen. Deshalb gehen statt der 174 Kinder im hoch belasteten und der 167 Kinder im gering belasteten Format zum Teil geringfügig abweichende Stichproben in die Analysen ein. In der folgenden Übersicht sind die genauen Stichprobengrößen für die einzelnen Tests angegeben (Tabelle 20).

Tabelle 20 *Stichprobengrößen für die einzelnen Variablen, aufgeteilt nach den Gruppen geringe (RS<sup>-</sup>) und hohe (RS<sup>+</sup>) Belastung*

Variable	geringe Belastung (RS <sup>-</sup> )	hohe Belastung (RS <sup>+</sup> )	gesamt
	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>N</i>
Vorwissen	167	174	341
Übungsleistung	167	174	341
Leistung im Posttest	167	173	340
Anzahl der Fragen im Prätest	147	174	321
Anzahl der Fragen in der Übung	147	174	321
Arbeitsgedächtnis Gesamtwert	163	167	330
Phonologische Schleife	163	168	331
Zentrale Exekutive	163	167	330
Visuell-räumliches Arbeitsgedächtnis	163	168	331
ADHS Gesamtwert	162	167	329
Unaufmerksamkeit	165	169	334
Impulsivität	165	169	334
Hyperaktivität	164	169	333
Aufmerksamkeitsverhalten im Prätest	167	174	341
Aufmerksamkeitsverhalten in der Übung	167	173	340
Selbstkonzept	164	173	337
Spaß bei der Aufgabenbearbeitung	164	171	335
Einschätzung der Schwierigkeit	165	171	336

### 5.2.1 Deskriptive Statistiken und Voranalysen

Die Unterschiede zwischen den Gruppen geringe ( $RS^-$ ) und hohe Belastung ( $RS^+$ ) wurden mittels  $t$ -Tests für unabhängige Stichproben ermittelt. Zwar sind die Voraussetzungen der Normalverteilung (Kolmogorov-Smirnoff-Test) und der Varianzgleichheit (Levene-Test) nicht durchgängig erfüllt, doch bei etwa gleich großen unabhängigen Stichproben gilt der  $t$ -Test als robust gegen Verletzungen seiner Voraussetzungen (Bortz & Schuster, 2010, S. 122 f.) und kann daher dennoch angewendet werden. Ist die Varianzhomogenität nicht vorhanden, wird der Welch-Test verwendet, mit dem eine Korrektur der Freiheitsgrade einhergeht.

Die beiden Gruppen  $RS^+$  und  $RS^-$  unterscheiden sich nicht signifikant hinsichtlich der Geschlechterverteilung ( $t_{(339)} = 1.06$ ;  $p = .29$ ). Auch in der Lehrereinschätzung der ADHS-Merkmale liegen keine signifikanten Differenzen vor, was den Werten in Tabelle 21 zu entnehmen ist.

Tabelle 21 *Deskriptive Statistiken der beiden Gruppen geringe ( $RS^-$ ) und hohe ( $RS^+$ ) Belastung in der Bewertung der ADHS-Merkmale Unaufmerksamkeit, Impulsivität und Hyperaktivität durch die Lehrkräfte und  $t$ -Tests zu Gruppenunterschieden*

	max.	geringe Belastung ( $RS^-$ )		hohe Belastung ( $RS^+$ )		Gruppenunterschiede		
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	$t_{(332)}$	<i>p</i>	<i>Cohens d</i>
Unaufmerksamkeit	3	1.02	0.87	0.89	0.88	1.37	.17	0.15
Impulsivität	3	0.64	0.86	0.67	0.94	-0.27	.79	0.03
Hyperaktivität	3	0.65	0.82	0.64	0.90	0.14 <sup>a</sup>	.89	0.01
ADHS-Gesamtwert	9	2.31	2.23	2.19	2.37	0.51 <sup>b</sup>	.61	0.05

Anmerkungen.

<sup>a</sup>  $df = 331$ . <sup>b</sup>  $df = 327$ .

In Tabelle 22 sind die deskriptiven Statistiken zu den Rechtschreibleistungen im Prätest getrennt nach den beiden Gruppen geringe ( $RS^-$ ) und hohe ( $RS^+$ ) Belastung dargestellt. Zusätzlich sind der Tabelle die Ergebnisse der  $t$ -Tests zu Prätestunterschieden zwischen den beiden Übungsgruppen zu entnehmen. Während in den Gesamtwerten sowie der Silbentrennung und der Schreibung von <sp> und <st> keine Unterschiede in der Leistung festzustellen sind, zeigt sich auf den Ebenen der Graphemtreffer und der alphabetischen Schreibung, dass die Gruppe mit dem hoch belasteten Format über bessere Ausgangsbedingungen verfügt. Die Anzahl der Fragen, die die Schüler während der Bearbeitung stellten, unterscheidet sich im Prätest erwartungsgemäß nicht signifikant.

Tabelle 22 Deskriptive Statistiken der beiden Gruppen geringe ( $RS^-$ ) und hohe ( $RS^+$ ) Belastung im Prätest und  $t$ -Tests zu Gruppenunterschieden

Auswertungsebene	max.	geringe Belastung ( $RS^-$ )		hohe Belastung ( $RS^+$ )		Gruppenunterschiede		
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i> ( <sub>339</sub> )	<i>p</i>	<i>Cohens d</i>
korrekte Schreibungen	10	2.75	2.33	3.03	2.43	-1.07	.29	0.12
enthalten	5	1.32	1.35	1.39	1.26	-0.52	.60	0.05
Transfer	5	1.43	1.19	1.63	1.36	-1.45	.15	0.16
Silbentrennung	10	3.74	2.74	4.20	2.78	-1.52	.13	0.17
alphabetische Schreibungen	10	8.19	2.14	8.70	1.73	-2.44 <sup>b</sup>	< .05	0.26
Graphemtreffer	79	65.09	9.01	67.23	6.82	-2.46 <sup>c</sup>	< .05	0.27
sp und st	10	7.98	3.05	8.45	2.70	-1.50	.14	0.16
Anzahl der Fragen	-	0.31 <sup>a</sup>	0.89	0.37	0.76	-0.73 <sup>b</sup>	.47	0.07

Anmerkungen.

<sup>a</sup>  $n_{RS^-} = 147$ . <sup>b</sup> Wegen eines signifikanten Levene-Tests auf Varianzgleichheit wurde die Zahl der Freiheitsgrade auf 319 korrigiert. <sup>c</sup> Wegen eines signifikanten Levene-Tests auf Varianzgleichheit wurde die Zahl der Freiheitsgrade auf 309 korrigiert.

Auch im Aufmerksamkeitsverhalten unterscheiden sich die beiden Übungsgruppen im Prätest nicht signifikant. Die Ergebnisse der entsprechenden  $t$ -Tests sind in Tabelle 23 zusammengefasst.

Tabelle 23 Deskriptive Statistiken der beiden Gruppen geringe ( $RS^-$ ) und hohe ( $RS^+$ ) Belastung im Aufmerksamkeitsverhalten im Prätest (in Prozent) und  $t$ -Tests zu Gruppenunterschieden

Aufmerksamkeitsverhalten (in %)	geringe Belastung ( $RS^-$ )		hohe Belastung ( $RS^+$ )		Gruppenunterschiede		
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i> ( <sub>339</sub> )	<i>p</i>	<i>Cohens d</i>
on passiv	94.43	11.94	94.98	11.67	-0.43	.67	0.05
on aktiv	1.35	5.54	1.28	6.09	0.11	.91	0.01
off passiv	2.81	7.38	1.85	6.96	1.24 <sup>a</sup>	.22	0.13
off aktiv	1.41	5.91	1.89	7.44	-0.65	.51	0.07
off gesamt	4.22	10.32	3.74	10.20	-0.44	.66	0.05

Anmerkungen.

<sup>a</sup> Wegen eines signifikanten Levene-Tests auf Varianzgleichheit wurde die Zahl der Freiheitsgrade auf 336 korrigiert.

In den einzelnen Komponenten des Arbeitsgedächtnisses bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Untersuchungsgruppen und auch beim Gesamtwert ist von vergleichbaren Ausgangsvoraussetzungen auszugehen. Die Effektstärken liegen unter 0.2 und



sind somit als klein einzustufen. In Tabelle 24 sind die deskriptiven Statistiken sowie die Ergebnisse der  $t$ -Tests zusammengefasst. Die Werte des visuell-räumlichen Arbeitsgedächtnisses und der Gesamtwert sind  $z$ -standardisiert, da sie aus den  $z$ -Werten der einzelnen Aufgaben errechnet sind.

Tabelle 24 Deskriptive Statistiken der beiden Gruppen geringe ( $RS^-$ ) und hohe ( $RS^+$ ) Belastung zu den Arbeitsgedächtnisleistungen und  $t$ -Tests zu Gruppenunterschieden

Arbeitsgedächtnis- komponenten	max.	geringe Belastung ( $RS^-$ )		hohe Belastung ( $RS^+$ )		Gruppenunterschiede		
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i> (329)	<i>p</i>	<i>Cohens d</i>
phonologische Schleife	16	6.31	1.35	6.47	1.48	-1.01	.31	0.11
zentrale Exekutive	16	4.89	1.40	5.13	1.18	-1.70 <sup>b</sup>	.09	0.18
vis.räuml. Notizblock (statisch)	24	3.07	3.31	3.38	3.15	-0.87	.39	0.10
vis.-räuml. Notizblock (dynamisch)	28	11.33	2.99	11.40	2.87	0.23	.82	0.02
visuell-räumliches AG <sup>a</sup>	-	-0.03	0.76	0.03	0.74	-0.73	.47	0.08

Anmerkungen.

Vis.-räuml.: visuell-räumlich. AG: Arbeitsgedächtnis

<sup>a</sup>  $z$ -standardisiert.

### 5.2.2 Gruppenunterschiede in der Übung

Um zu untersuchen, ob die Kinder in den beiden Bedingungen unterschiedlich gearbeitet haben, werden im ersten Schritt auf deskriptiver Ebene Diskrepanzen zwischen der Leistung, der Bearbeitungszeit und der Anzahl der Fragen während der Übungsphase auf Basis der Mittelwerte überprüft. Die Ergebnisse sind Tabelle 25 zu entnehmen. Es ist festzustellen, dass in allen drei Variablen signifikante Unterschiede zugunsten der Gruppe mit dem gering belasteten Format ( $RS^-$ ) vorliegen. Die mittleren bis sehr hohen Effektstärken zeigen, dass die Unterschiede substanziell sind.

Tabelle 25 Deskriptive Statistiken der beiden Gruppen geringe ( $RS^-$ ) und hohe ( $RS^+$ ) Belastung zu Leistung Bearbeitungszeit und Anzahl der Fragen in der Übung und t-Tests zu den Gruppenunterschieden

	geringe Belastung ( $RS^-$ )			hohe Belastung ( $RS^+$ )		Gruppenunterschiede		
	max.	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	$t_{(339)}$	<i>p</i>	<i>Cohens d</i>
Übungsleistung	8	6.29	1.89	4.72	2.69	6.26 <sup>a</sup>	< .01	0.67
Bearbeitungszeit	13	6.08	2.19	11.33	2.23	-21.93	< .01	2.38
Anzahl der Fragen	-	2.20 <sup>a</sup>	2.20	9.33	4.51	-17.52 <sup>b</sup>	< .01	1.96

Anmerkungen.

<sup>a</sup> Wegen eines signifikanten Levene-Tests auf Varianzgleichheit wurde die Zahl der Freiheitsgrade auf 311 korrigiert.

<sup>b</sup> Wegen eines signifikanten Levene-Tests auf Varianzgleichheit wurde die Zahl der Freiheitsgrade auf 319 korrigiert.

Auch beim Aufmerksamkeitsverhalten während der Übung sind signifikante Differenzen zwischen den beiden Übungsgruppen festzustellen. Tabelle 26 enthält die Ergebnisse der *t*-Tests zu diesem Bereich. In Verbindung mit den deskriptiven Statistiken ist daraus abzuleiten, dass die Schüler, die das hoch belastete Format bearbeitet haben ( $RS^+$ ), signifikant weniger passives on task-Verhalten, mehr aktives on task sowie passives off task-Verhalten gezeigt haben. Es ist davon auszugehen, dass die Schüler mehr Fragen gestellt haben oder auf andere Weise versucht haben, zusätzliche Informationen zur Aufgabenstellung zu erhalten (on task aktiv) und dass sie mehr aufgabenunspezifisches Verhalten (off task passiv) gezeigt haben. Daraus ergibt sich, dass sie weniger Zeit mit der Bearbeitung der Aufgaben verbracht haben (on task passiv). Die Effektstärken liegen für alle drei Werte im niedrigen Bereich. Der Anteil des störenden Verhaltens ist in beiden Gruppen sehr gering und unterscheidet sich nicht signifikant.

Tabelle 26 Deskriptive Statistiken der beiden Gruppen geringe ( $RS^-$ ) und hohe ( $RS^+$ ) Belastung im Aufmerksamkeitsverhalten (in Prozent) in der Übung und t-Tests zu Gruppenunterschieden

Aufmerksamkeits- verhalten (in %)	geringe Belastung ( $RS^-$ )		hohe Belastung ( $RS^+$ ) <sup>a</sup>		Gruppenunterschiede		
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	$t_{(338)}$	<i>p</i>	<i>Cohens d</i>
on passiv	92.80	14.45	87.60	15.91	-3.15	< .01	0.34
on aktiv	2.82	8.62	5.97	10.17	3.08 <sup>a</sup>	< .01	0.33
off passiv	2.49	8.71	5.26	12.50	2.38 <sup>b</sup>	<.05	0.26
off aktiv	1.90	7.13	1.18	4.56	-1.12 <sup>c</sup>	.27	0.12
off gesamt	4.39	12.08	6.44	13.39	1.48	.14	0.16

Anmerkungen.

<sup>a</sup> Wegen eines signifikanten Levene-Tests auf Varianzgleichheit wurde die Zahl der Freiheitsgrade auf 332 korrigiert. <sup>b</sup> Wegen eines signifikanten Levene-Tests auf Varianzgleichheit wurde die Zahl der Freiheitsgrade auf 308 korrigiert. <sup>c</sup> Wegen eines signifikanten Levene-Tests auf Varianzgleichheit wurde die Zahl der Freiheitsgrade auf 281 korrigiert.

Beim rechtschreibbezogenen Selbstkonzept („Ich kann gut schreiben.“) war aufgrund der randomisierten Zuweisung von etwa gleichen Werten für beide Gruppen auszugehen. Dies trifft nach den Ergebnissen des *t*-Tests (Tabelle 27) zu. In den Fragen zur Bewertung der Schwierigkeit der Aufgaben und zum Spaß bei der Übung sind signifikante Diskrepanzen zwischen den beiden Übungsgruppen festzustellen. Den deskriptiven Statistiken ist zu entnehmen, dass die Kinder, die das geringer belastete Format bearbeitet haben, angaben, mehr Spaß bei den Aufgaben gehabt zu haben. Gleichzeitig schätzten sie die Übung auch als einfacher ein als die Kinder, die das höher belastete Format bekamen. Mit einer Effektstärke von *Cohens d*<sub>korr</sub> = 0.52 liegt ein mittlerer Effekt vor.

Tabelle 27 Deskriptive Statistiken der beiden Gruppen geringe ( $RS^-$ ) und hohe ( $RS^+$ ) Belastung zu den Fragen zum Selbstkonzept und t-Tests zu Gruppenunterschieden

Komponenten des Selbstkonzepts	max.	geringe Belastung ( $RS^-$ )		hohe Belastung ( $RS^+$ )		Gruppenunterschiede		
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	$t_{(337)}$	<i>p</i>	<i>Cohens d</i>
Selbstkonzept	5	4.36	0.90	4.34	0.88	0.27	.79	0.02
Spaß	5	4.54	0.98	4.30	1.11	2.09 <sup>a</sup>	< .05	0.23
Schwierigkeit	5	1.39	0.82	1.92	1.19	-4.79 <sup>b</sup>	< .001	0.52

Anmerkungen.

<sup>a</sup> Wegen eines signifikanten Levene-Tests auf Varianzgleichheit wurde die Zahl der Freiheitsgrade auf 331 korrigiert.

<sup>b</sup> Wegen eines signifikanten Levene-Tests auf Varianzgleichheit wurde die Zahl der Freiheitsgrade auf 302 korrigiert.

Die bivariaten Korrelationen zwischen den verschiedenen Einflussvariablen sind als Übersicht in Tabelle 38 in Anhang K dargestellt. Hier zeigen sich geringe bis moderate Zusammenhänge,

welche größtenteils im Bereich  $r = .12$  bis  $-.38$  liegen. Die Richtung der signifikanten Korrelationen stimmt jedoch mit theoriegeleiteten Erwartungen überein.

### 5.2.3 Übungsleistung unter Berücksichtigung lernerseitiger Voraussetzungen

Die Leistung in der Übung ist das zentrale Kriterium, mit dem im Rahmen der Studie die Auswirkungen des Instruktionsdesigns überprüft werden. Daher werden im Folgenden Kovarianzanalysen mit der Übungsleistung (Anzahl korrekt geschriebener Wörter) als abhängiger Variable und den weiteren erhobenen Variablen (Übungsbedingung, Vorwissen, Arbeitsgedächtnis, Aufmerksamkeit, Aufmerksamkeitsverhalten, Selbstkonzept) als Einflussfaktoren dargestellt.

Der Einfluss des Instruktionsdesigns soll auch in Abhängigkeit von den individuellen Voraussetzungen der Schüler untersucht werden. Um etwaige moderierende Effekte der Arbeitsgedächtnisleistung, der Aufmerksamkeit, des Aufmerksamkeitsverhaltens, des Selbstkonzepts und des Vorwissens beschreiben zu können, wurden zusätzlich zu den Haupteffekten Interaktionseffekte überprüft. Auf diese Weise sollen die Unterschiede zwischen Schülern mit guten und Schülern mit schwachen Voraussetzungen differenziert untersucht werden.

#### 5.2.3.1 Vorwissen

Zunächst wurde eine Kovarianzanalyse mit der Übungsleistung als abhängiger Variable, der Übungsbedingung als Faktor und dem Vorwissen (Prätest) als Kovariate durchgeführt. Das Ergebnis ist in Abbildung 31 graphisch dargestellt. Es zeigt sich, dass sowohl Übungsbedingung ( $F_{(1,337)} = 48.69$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .13$ ) als auch Vorwissen ( $F_{(1,337)} = 35.78$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .10$ ) signifikant zur Varianzaufklärung beitragen. Die Gruppe mit dem gering belasteten Format ist der Gruppe mit dem hoch belasteten Format deutlich überlegen und Kinder mit gutem Vorwissen lösen mehr Aufgaben richtig als Kinder mit schwachem Vorwissen. Insgesamt klärt das Modell mit 21 % ( $R^2_{\text{adj}} = .21$ ) einen substantiellen Anteil an der Varianz auf. Der Unterschied zwischen den beiden Übungsgruppen erreicht eine Effektstärke von *Cohens*  $d = .68$  und liegt damit im guten mittleren Bereich.

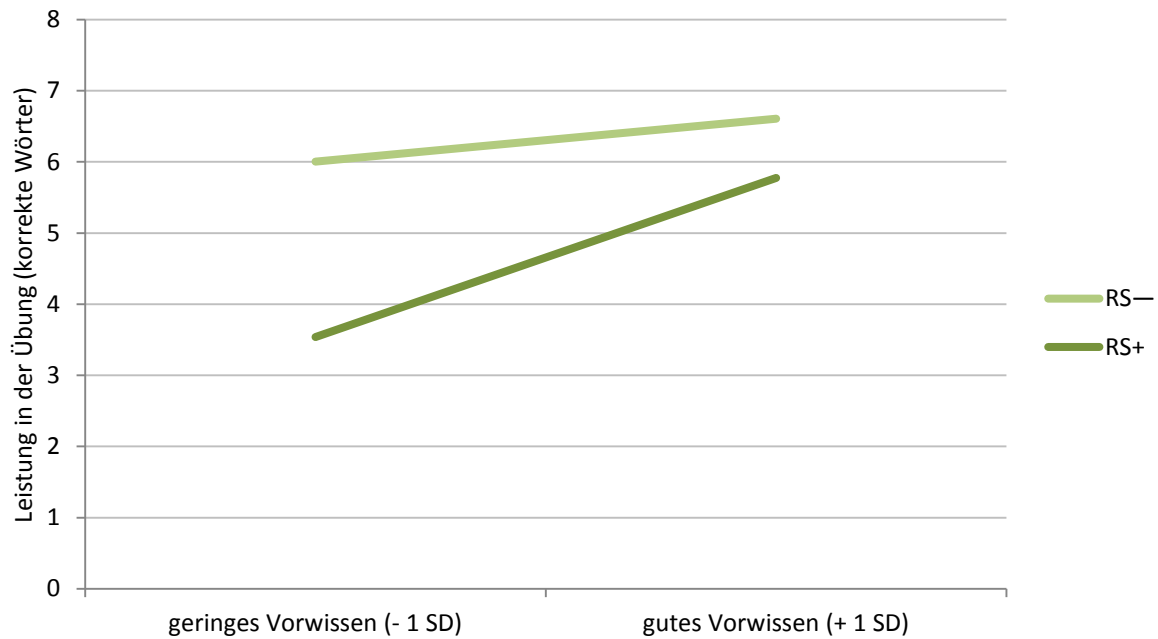


Abbildung 31 Haupt- und Interaktionseffekte von Übungsformat und Vorwissen auf die Übungsleistung für die Gruppen geringe (RS-) und hohe (RS+) Belastung; geschätzte Randmittel für die Summe korrekt geschriebener Wörter

Sowohl das Vorwissen als auch das Übungsformat erweisen sich somit als wichtige Einflussfaktoren auf die Übungsleistung. Zusätzlich liegt eine signifikante Interaktion zwischen Vorwissen und Übungsformat vor ( $F_{(1,337)} = 11.82$ ;  $p < .01$ ;  $\eta^2 = .03$ ). Hier zeigt sich, dass sich der Effekt, dass Schüler mit geringem Vorwissen schlechter abschneiden als Schüler mit gutem Vorwissen, in der Gruppe mit dem hoch belasteten Format verstärkt, so dass Schüler mit schwachem Vorwissen zusätzlich benachteiligt sind (Abbildung 31).

### 5.2.3.2 Arbeitsgedächtnis

Die Korrelationen zwischen den einzelnen Arbeitsgedächtniskomponenten und den Leistungsmaßen sind mit  $r \leq .20$  geringer als zu erwarten (Tabelle 28). Theoriegeleitet ist anzunehmen, dass Unterschiede vorliegen, je nachdem, welches Übungsformat die Kinder bearbeitet haben. Diese müssten sich in Interaktionseffekten zwischen dem Übungsformat und den Leistungen im Arbeitsgedächtnistest niederschlagen. Der Einfluss der Arbeitsgedächtnisleistungen wird daher im Folgenden mit Hilfe varianzanalytischer Verfahren überprüft.

Tabelle 28 Bivariate Korrelationen zwischen Vorwissen, Übungsleistung und den Arbeitsgedächtnismaßen

	Vorwissen	Übungsleistung	phonologisch	zentrale Exekutive	visuell-räumlich
Übungsleistung	.28**	1			
phonologisch	.18**	.12*	1		
zentrale Exekutive	.20**	.08	.25**	1	
visuell-räumlich	.04	.10	.04	.11*	1

In Kovarianzanalysen mit der Übungsleistung als abhängiger Variable, dem Übungsformat als Faktor und je einer Komponente des Arbeitsgedächtnisses als unabhängiger Variable leisten sowohl Übungsformat als auch phonologische Schleife, zentrale Exekutive und visuell-räumlicher Notizblock einen signifikanten Beitrag. Die Interaktionen der einzelnen Arbeitsgedächtniskomponenten mit dem Übungsformat hingegen erreichen keine statistisch signifikante Stärke, so dass zwar Haupteffekte, nicht aber moderierende Funktionen bestätigt werden können. Dies zeigt sich deutlich in den Diagrammen in Abbildung 32. Das Übungsformat hat in allen drei Analysen einen vergleichbar großen Effekt und klärt etwa 11 % der Varianz auf ( $\eta^2 = .11$ ). Die weiteren Effektstärken liegen mit  $\eta^2 \leq .03$  im niedrigen Bereich und es bleibt ein beträchtlicher Anteil unerklärter Varianz bestehen. Die entsprechenden Kennwerte sind in Tabelle 29 zusammengefasst.

Tabelle 29 Haupt- und Interaktionseffekte in Kovarianzanalysen zum Einfluss der einzelnen Arbeitsgedächtniskomponenten und des Übungsformates auf die Übungsleistung

Haupt- und Interaktionseffekte	Ergebnisse der ANCOVAs		
<b>Phonologische Schleife</b>	$F_{(1,327)} = 6.46$	$p < .05$	$\eta^2 = .02$
Übungsformat	$F_{(1,327)} = 40.08$	$p < .001$	$\eta^2 = .11$
Phonologische Schleife x Übungsformat	$F_{(1,327)} = 0.04$	$p = .84$	$\eta^2 = .00$
<b>Zentrale Exekutive</b>	$F_{(1,326)} = 5.06$	$p < .05$	$\eta^2 = .02$
Übungsformat	$F_{(1,326)} = 41.54$	$p < .001$	$\eta^2 = .11$
Zentrale Exekutive x Übungsformat	$F_{(1,326)} = 0.38$	$p = .54$	$\eta^2 = .00$
<b>Visuell-räumliches AG</b>	$F_{(1,327)} = 11.34$	$p < .01$	$\eta^2 = .03$
Übungsformat	$F_{(1,327)} = 40.59$	$p < .001$	$\eta^2 = .11$
Visuell-räumliches AG x Übungsformat	$F_{(1,327)} = 0.00$	$p = .96$	$\eta^2 = .00$
Anmerkungen.			
AG: Arbeitsgedächtnis			

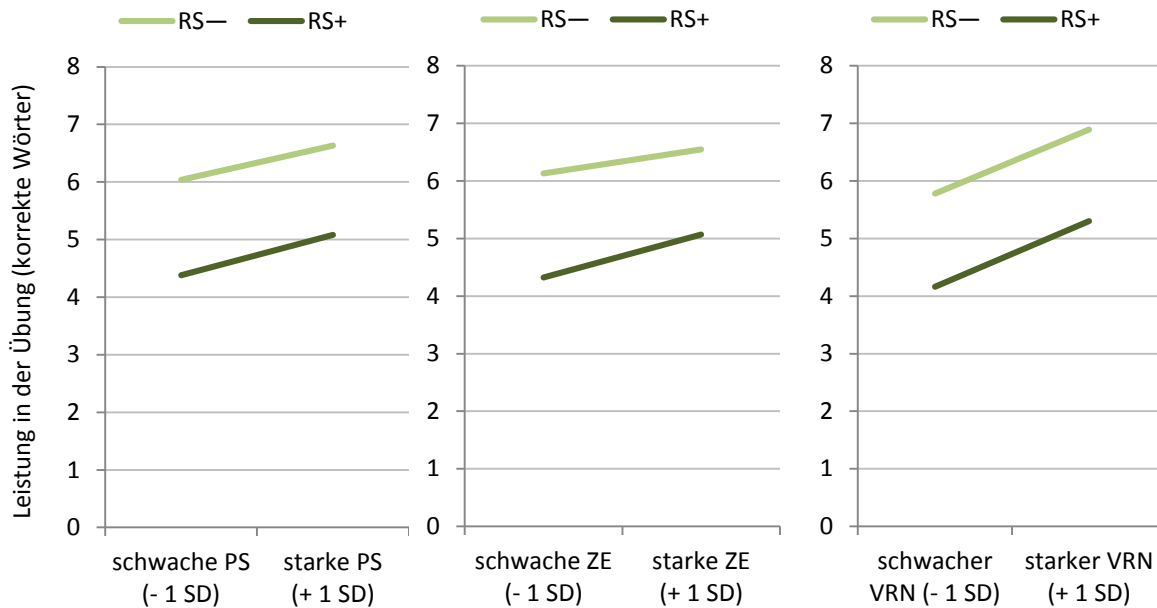


Abbildung 32 Haupt- und Interaktionseffekte von Übungsformat und phonologischer Schleife (PS, links), zentraler Exekutive (ZE, Mitte) und visuell-räumlichem Notizblock (VRN, rechts) auf die Übungsleistung für die Gruppen geringe (RS-) und hohe (RS+) Belastung; geschätzte Randmittel für die Summe korrekt geschriebener Wörter

### 5.2.3.3 ADHS-Merkmale

Die Bewertung der Unaufmerksamkeit durch die Lehrer korreliert negativ mit dem on task-Verhalten der Schüler während der Bearbeitung der Aufgaben im Prätest ( $r = -.17$ ;  $p < .01$ ). Inhaltlich besagt dies, je höher die Lehrkraft die Unaufmerksamkeit einschätzt, umso geringer ist der Anteil des on task-Verhaltens im Prätest. Dies entspricht der Annahme, dass die Ausprägung der ADHS-Merkmale einen Einfluss auf das Bearbeitungsverhalten hat. Allerdings ist dieser Zusammenhang gering.

Auch mit der Hyperaktivität ( $r = -.18$ ;  $p < .01$ ) und der Impulsivität ( $r = -.19$ ;  $p < .01$ ) ergeben sich lediglich signifikante Korrelationen auf einem vergleichbar niedrigen Niveau, obwohl theoriegeleitet anzunehmen wäre, dass insbesondere die Aufmerksamkeitsleistung eine bedeutende Ressource für das Bearbeitungsverhalten darstellt und somit einen größeren Einfluss hat.

In Tabelle 30 sind die Korrelationen der einzelnen Aspekte der ADHS-Einschätzung und der Leistungsvariablen Vorwissen und Übungsleistung für die Gesamtstichprobe dargestellt. Während geringe signifikante Zusammenhänge zwischen der Leistung in der Übung und Unaufmerksamkeit, Impulsivität und Hyperaktivität sowie dem ADHS-Gesamtwert bestehen, korreliert das Vorwissen lediglich mit der Unaufmerksamkeit und dem Gesamtwert signifikant. Die ADHS-Komponenten untereinander hängen im mittleren bis hohen Bereich zusammen.

Der Zusammenhang zwischen Leistung und ADHS-Bewertung ist erwartungsgemäß negativ. Kinder, die eine starke Unaufmerksamkeit, eine ausgeprägte Impulsivität und viel Hyperaktivität zeigen, erzielen demnach tendenziell schlechtere Leistungen. Ob sich dies auch in statistisch bedeutsamen Effekten niederschlägt, wird im Folgenden anhand von Kovarianzanalysen untersucht.

Tabelle 30 *Bivariate Korrelationen zwischen dem Vorwissen, der Übungsleistung und ADHS-Merkmalen in der Gesamtstichprobe*

	Vorwissen	Übungs- leistung	Unaufmerk- samkeit	Impulsivität	Hyperaktivität
Übungs- leistung	.28**	1			
Unaufmerk- samkeit	-.19**	-.22**	1		
Impulsivität	-.09	-.13*	.53**	1	
Hyperaktivität	-.11	-.20**	.64**	.75**	1
ADHS gesamt	-.17**	-.22**	.83**	.87**	.91**

Anmerkungen:

\* Signifikanzniveau .05. \*\* Signifikanzniveau .01.

In der Kovarianzanalyse erweisen sich die ADHS-Gesamteinschätzung ( $F_{(1,325)} = 18.71$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .05$ ) und das Übungsformat ( $F_{(1,325)} = 42.09$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .12$ ) als signifikante Prädiktoren für die Übungsleistung ( $R^2_{\text{adj}} = .15$ ). Die Interaktion hingegen ist nicht signifikant ( $F_{(1,325)} = 2.46$ ;  $p = .12$ ;  $\eta^2 = .01$ ). Mit 12 % klärt das Übungsformat den größten Anteil an Varianz auf und stellt somit den wichtigsten Einflussfaktor auf die Übungsleistung dar. Insgesamt liegen die Effektstärken sowie der Anteil erklärter Varianz durch das gesamte Modell im niedrigen bis mittleren Bereich.



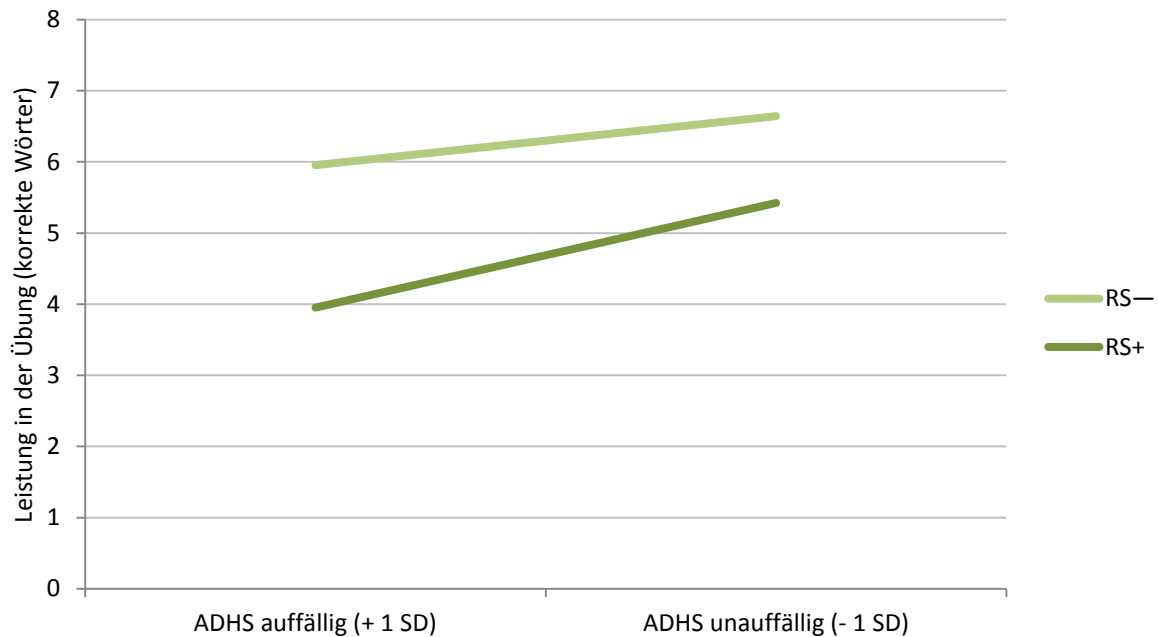


Abbildung 33 Haupt- und Interaktionseffekte von Übungsformat und ADHS-Bewertung auf die Übungsleistung für die Gruppen geringe (RS-) und hohe (RS+) Belastung; geschätzte Randmittel für die Summe korrekt geschriebener Wörter

Gehen statt der Gesamteinschätzung die einzelnen Aspekte der ADHS-Bewertung in die Analyse ein, so zeigen sich zusätzlich zum Effekt des Übungsformats Haupteffekte für alle drei Komponenten (siehe Tabelle 33). Je geringer die Einschränkungen durch Unaufmerksamkeit, Impulsivität und Hyperaktivität sind, umso besser sind die Leistungen in der Übung.

Tabelle 31 Haupt- und Interaktionseffekte in Kovarianzanalysen zum Einfluss der Unaufmerksamkeit, Impulsivität und Hyperaktivität auf die Übungsleistung bei Kontrolle des Übungsformats

Haupt- und Interaktionseffekte	Ergebnisse der ANCOVAs		
<b>Unaufmerksamkeit</b>	$F_{(1,330)} = 23.97$	$p < .001$	$\eta^2 = .07$
Übungsformat	$F_{(1,330)} = 44.16$	$p < .001$	$\eta^2 = .12$
Unaufmerksamkeit x Übungsformat	$F_{(1,330)} = 6.72$	$p < .05$	$\eta^2 = .02$
<b>Impulsivität</b>	$F_{(1,330)} = 5.38$	$p < .05$	$\eta^2 = .02$
Übungsformat	$F_{(1,330)} = 38.75$	$p < .001$	$\eta^2 = .11$
Impulsivität x Übungsformat	$F_{(1,330)} = 1.10$	$p = .29$	$\eta^2 = .00$
<b>Hyperaktivität</b>	$F_{(1,329)} = 15.88$	$p < .001$	$\eta^2 = .05$
Übungsformat	$F_{(1,329)} = 38.51$	$p < .001$	$\eta^2 = .11$
Hyperaktivität x Übungsformat	$F_{(1,329)} = 0.08$	$p = .78$	$\eta^2 = .00$

Ausschließlich für die Unaufmerksamkeit ist ein Interaktionseffekt mit dem Übungsformat festzustellen. Der Einfluss des Übungsformats auf die Übungsleistung wird somit durch den Grad der Unaufmerksamkeit moderiert. Der Unterschied zwischen den beiden untersuchten

Gruppen wird größer je stärker die Lehrkraft die Unaufmerksamkeit einschätzt. Während in der Gruppe mit dem gering belasteten Format lediglich minimale Unterschiede zwischen Kindern mit schwachen und starken Aufmerksamkeitsleistungen bestehen, sind in der Gruppe mit dem hoch belasteten Format deutliche Diskrepanzen festzustellen. Theoriegeleitet ist dieser Effekt zu erwarten, da die Aufmerksamkeitsleistung eine zentrale Rolle für Aufgabenverständnis und konzentrierte Übung spielt und die ablenkenden Elemente im hoch belasteten Format höhere Anforderungen an die Aufmerksamkeitslenkung stellen. Dieser Zusammenhang ist zur besseren Veranschaulichung in Abbildung 34 graphisch dargestellt. Insgesamt klärt das so berechnete Modell 17 % ( $R^2_{\text{adj}}$ ) der Varianz auf.

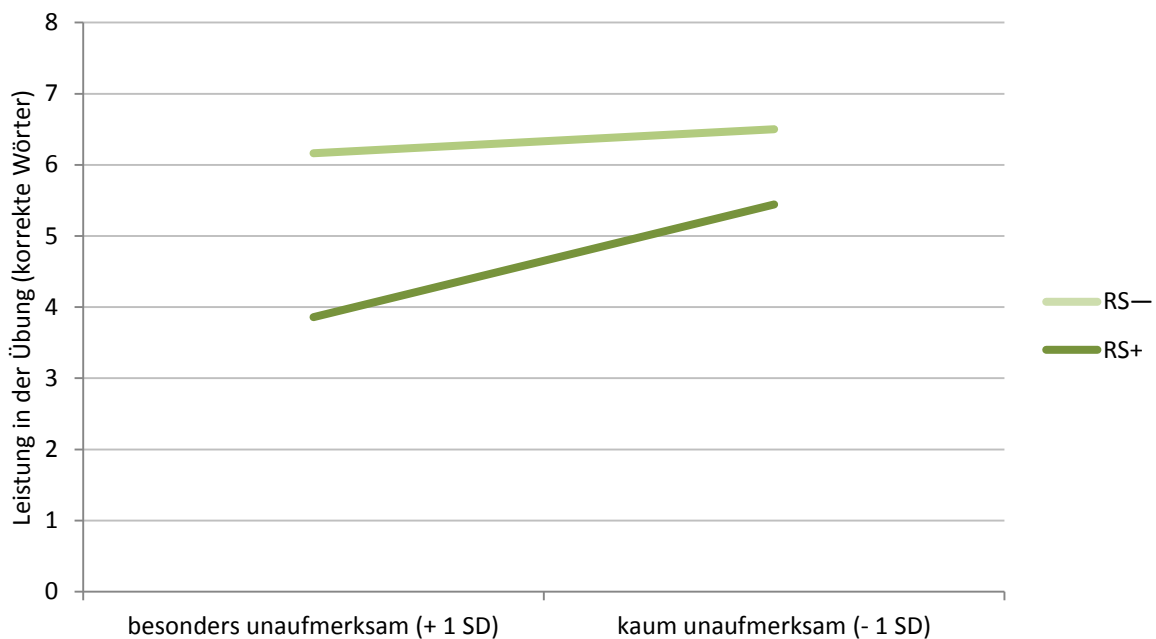


Abbildung 34 Haupt- und Interaktionseffekte von Übungsformat und Aufmerksamkeit auf die Übungsleistung für die Gruppen geringe ( $RS^-$ ) und hohe ( $RS^+$ ) Belastung; geschätzte Randmittel für die Summe korrekt geschriebener Wörter

#### 5.2.3.4 Aufmerksamkeitsverhalten während der Aufgabenbearbeitung

Das Aufmerksamkeitsverhalten während der Aufgabenbearbeitung wurde als Indikator einbezogen, der zeigen soll, wie effizient die Schüler die zur Verfügung stehende Zeit nutzen. Der Korrelationstabelle ist jedoch zu entnehmen, dass zwischen den einzelnen Maßen des Aufmerksamkeitsverhaltens und den Leistungen in der untersuchten Stichprobe keine signifikanten Zusammenhänge bestehen (Tabelle 32). Das Aufmerksamkeitsverhalten, das die Schüler bei einfach strukturierten Aufgaben in der Testsituation zeigen, hängt demzufolge nicht in bedeutendem Maße mit ihren Leistungen zusammen. Hier sind auch keine relevanten

Unterschiede zwischen den beiden Untersuchungsgruppen festzustellen. Daher werden die Werte nicht separat aufgeführt.

Tabelle 32 Bivariate Korrelationen zwischen Vorwissen, Übungsleistung und dem Aufmerksamkeitsverhalten im Prätest

	Vorwissen	Übungs- leistung	on task passiv	on task aktiv	off task passiv	off task aktiv
Übungs- leistung	.28**	1				
on task passiv	.01	.06	1			
on task aktiv	-.06	.04	-.49**	1		
off task passiv	-.02	-.06	-.68**	.04	1	
off task aktiv	.05	-.07	-.60**	-.04	.09	1
off task gesamt	.02	-.09	-.87**	.00	.76**	.72**

Anmerkungen:

\* Signifikanzniveau .05. \*\* Signifikanzniveau .01.

Die Bedeutung des Aufmerksamkeitsverhaltens im Prätest für die Leistung in der Übung wird mit Hilfe einer Kovarianzanalyse überprüft ( $N = 324$ ;  $n_{RS-} = 158$ ;  $n_{RS+} = 166$ ). Da sich ein hoher Anteil passiven on task-Verhaltens positiv auf die Leistung auswirken sollte, geht dies als Kovariate in die Analyse ein, während die Übungsleistung als abhängige Variable dient. Zudem wird das Übungsformat als Faktor berücksichtigt. Dies erklärt den größten Teil der Varianz ( $F_{(1,320)} = 37.66$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .11$ ) und kann somit als bedeutsamer Prädiktor bewertet werden. Für das Aufmerksamkeitsverhalten zeigt sich dagegen kein Effekt ( $F_{(1,320)} = 1.73$ ;  $p = .19$ ;  $\eta^2 = .01$ ) und auch die Interaktion zwischen den beiden Variablen wird nicht signifikant ( $F_{(1,320)} = 0.00$ ;  $p = .96$ ;  $\eta^2 = .00$ ). Das Modell klärt 10 % der Gesamtvarianz auf ( $R^2_{\text{adj}}$ ). Das Aufmerksamkeitsverhalten spielt somit insgesamt als Prädiktor eine deutlich geringere Rolle als aufgrund der theoretischen Annahmen zu erwarten.

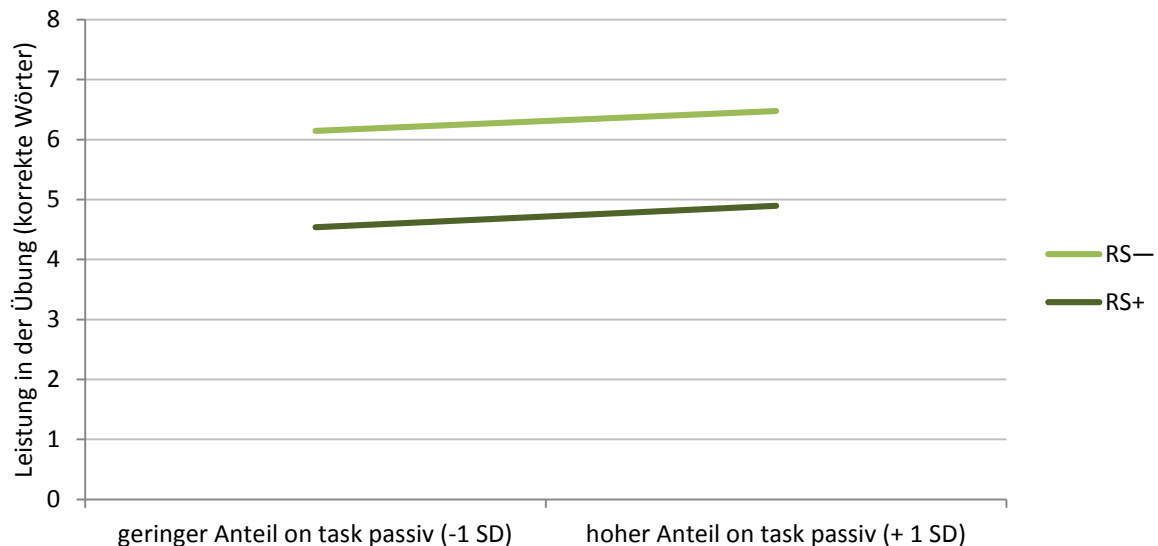


Abbildung 35 Haupt- und Interaktionseffekte von Übungsformat und Aufmerksamkeitsverhalten (on task passiv) auf die Übungsleistung für die Gruppen geringe (RS-) und hohe (RS+) Belastung; geschätzte Randmittel für die Summe korrekt geschriebener Wörter

### 5.2.3.5 Selbstkonzept

Die in Tabelle 33 dargestellten Korrelationen zwischen den Leistungsvariablen und den drei Fragen zum Selbstkonzept liegen insgesamt in einem niedrigen Bereich ( $r \leq .29$ ). Bemerkenswert ist, dass das Selbstkonzept nicht mit der Übungsleistung korreliert. Genauere Informationen zum Zusammenhang zwischen dem Selbstkonzept und der Übungsleistung liefert die folgende Kovarianzanalyse.

Tabelle 33 Bivariate Korrelationen zwischen Vorwissen, Übungsleistung und rechtschreibbezogenen Selbstkonzept, dem Spaß bei der Aufgabenbearbeitung und der Bewertung der Aufgabenschwierigkeit

	Vorwissen	Übungsleistung	Selbstkonzept	Spaß
Übungsleistung	.28**	1		
Selbstkonzept	.18**	-.02	1	
Spaß	.13*	.19**	.39**	1
Schwierigkeit	-.15**	-.29**	-.35**	-.56**

Anmerkungen:

\* Signifikanzniveau .05. \*\* Signifikanzniveau .01.

Der Vergleich der beiden Übungsgruppen durch eine Kovarianzanalyse mit der Leistung in der Übung als abhängiger Variable und dem Selbstkonzept („Ich kann gut schreiben.“) als Kovariate zeigt, dass das Übungsformat auch hier einen signifikanten Beitrag zur Aufklärung der Varianz erbringt ( $F_{(1,335)} = 41.10$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .11$ ). Für das Selbstkonzept liegt hingegen

kein signifikanter Befund vor ( $F_{(1,335)} = 0.15$ ;  $p = .70$ ;  $\eta^2 = .00$ ). Die Interaktion zwischen Übungsformat und Selbstkonzept aber wird signifikant ( $F_{(1,335)} = 4.86$ ;  $p < .05$ ;  $\eta^2 = .01$ ). Demzufolge ist die Gruppe mit dem gering belasteten Format der Gruppe mit dem hoch belasteten Format überlegen. Dieser Unterschied in der Übungsleistung wird durch das Selbstkonzept moderiert. Je niedriger das Selbstkonzept ausgeprägt ist, desto größer ist der Einfluss des Übungsformats. Das heißt, für die Kinder, die sich selbst ohnehin für schwächer halten, spielt das Instruktionsdesign eine besonders große Rolle. Diese Zusammenhänge sind in Abbildung 36 graphisch veranschaulicht. Insgesamt klärt das Modell bei korrigiertem  $R^2$  10.3 % der Varianz auf.

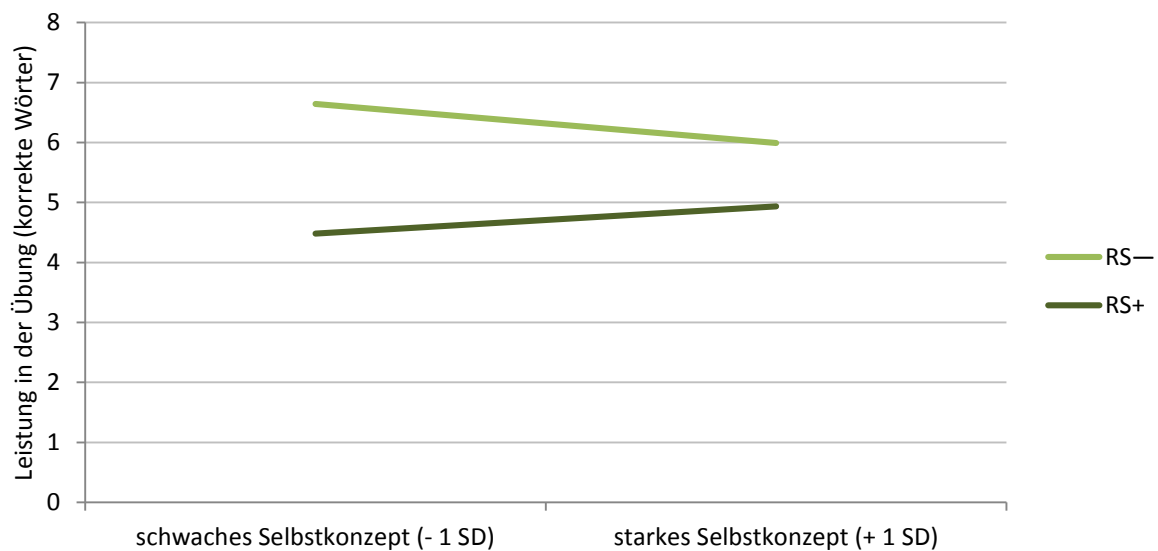


Abbildung 36 Haupt- und Interaktionseffekte von Übungsformat und Selbstkonzept auf die Übungsleistung für die Gruppen geringe (RS-) und hohe (RS+) Belastung; geschätzte Randmittel für die Summe korrekt geschriebener Wörter

Der dargestellte Interaktionseffekt ist vor dem Hintergrund der Tatsache, dass der Fragebogen zum Selbstkonzept wenig differenziert, besonders bemerkenswert. In Tabelle 34 sind die Häufigkeiten der Schülerantworten aufgeführt. Dort zeigt sich, dass mit gut 85 % der gültigen Angaben der überwiegende Teil im Bereich gut bis sehr gut liegt.

Tabelle 34 Häufigkeiten der Schülerangaben zum rechtschreibbezogenen Selbstkonzept („Ich kann gut schreiben.“) auf einer fünfstufigen Skala

„Ich kann gut schreiben.“	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Sehr schlecht	8	2.3	2.4	2.4
Schlecht	2	0.6	0.6	2.9
Mittel	40	11.7	11.8	14.7
Gut	101	30.0	30.4	45.1
Sehr gut	186	54.2	54.9	100
Fehlende Werte	4			
<i>n</i> (gültig)	339			

### 5.2.4 Kurzfristige Übungseffekte

Kurzfristige Zuwächse werden mit Hilfe einer Varianzanalyse mit Messwiederholung untersucht. Dabei gehen Prä- und Posttestleistung als Innersubjektvariablen und die Übungsbedingung als Zwischensubjektfaktor in das Modell ein. Um zu untersuchen, ob sich Übungseffekte unterhalb der Wortebene zeigen, werden neben den korrekten Wörtern ebenso die Graphemtreffer, die alphabetisch korrekten Schreibungen, die korrekte Silbentrennung und die richtige Schreibung von <sp> und <st> einbezogen.

Den deskriptiven Statistiken in Tabelle 35 ist zu entnehmen, dass insgesamt lediglich geringe Unterschiede zwischen den beiden Übungsgruppen bestehen. Allerdings ist auch festzustellen, dass von Prä- zu Posttest durchaus Fortschritte erzielt werden.

Tabelle 35 Deskriptive Statistiken der beiden Gruppen geringe ( $RS^-$ ) und hohe ( $RS^+$ ) Belastung in Prä- und Posttest

Auswertungsebene	Prätest					Posttest			
	max.	geringe Belastung (RS <sup>-</sup> )		hohe Belastung (RS <sup>+</sup> )		geringe Belastung (RS <sup>-</sup> )		hohe Belastung (RS <sup>+</sup> )	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
korrekte Schreibungen	10	2.75	2.33	3.03	2.43	3.35	2.47	3.74	2.54
enthaltene Wörter	5	1.32	1.35	1.39	1.26	1.71	1.42	1.94	1.53
Transfer	5	1.43	1.19	1.64	1.36	1.63	1.29	1.80	1.23
Silbentrennung	10	3.75	2.74	4.21	2.77	3.80	2.68	4.03	2.77
alphabetische Schreibungen	10	8.19	2.14	8.70	1.73	8.43	1.87	8.91	1.64
Graphemtreffer	79	65.09	9.01	67.23	6.82	67.58	8.27	68.99	6.79
sp und st	10	7.98	3.05	8.44	2.70	8.62	2.72	9.01	2.23

In Tabelle 36 sind die Haupteffekte der Zeit und die Interaktionseffekte Zeit x Gruppe für die einzelnen Auswertungsebenen im Rechtschreiben zusammengestellt. In der Übersicht zeigt sich, dass bis auf die Silbentrennung auf allen Ebenen signifikante Haupteffekte der Zeit erzielt wurden. Dies gilt sowohl für die in der Übung enthaltenen als auch für die Transferwörter. Das bedeutet, die Schüler haben sich von Prä- zu Posttest in diesen Maßen entscheidend verbessert. Die Effektstärken liegen allerdings alle in einem sehr niedrigen Bereich ( $d_{\text{kor}} = 0.00$  bis  $0.10$ ). Keiner der Interaktionseffekte Zeit x Gruppe wird signifikant, lediglich bei den Graphemtreffern ist eine Tendenz zu erkennen. Die Schüler verbessern sich demzufolge zum Nachtest minimal, profitieren aber nicht unterschiedlich in Abhängigkeit von der Übungsbedingung. Aufgrund der kurzen Intervention war dies auch nicht zu erwarten.

Tabelle 36 Ergebnisse der ANOVAs mit Messwiederholung für die Rechtschreibleistung auf den einzelnen Auswertungsebenen

Auswertungsebene	Haupteffekt der Zeit			Interaktionseffekt Zeit x Gruppe		
korrekte Schreibungen	$F_{(1,338)} = 66.43$	$p < .001$	$\eta^2 = .16$	$F_{(1,338)} = 0.49$	$p = .49$	$\eta^2 = .00$
enthaltene Wörter	$F_{(1,338)} = 64.88$	$p < .001$	$\eta^2 = .16$	$F_{(1,338)} = 1.72$	$p = .19$	$\eta^2 = .01$
Transfer	$F_{(1,338)} = 15.19$	$p < .001$	$\eta^2 = .04$	$F_{(1,338)} = 0.20$	$p = .66$	$\eta^2 = .00$
Silbentrennung	$F_{(1,338)} = 0.39$	$p = .54$	$\eta^2 = .00$	$F_{(1,338)} = 1.16$	$p = .28$	$\eta^2 = .00$
alphabetische Schreibungen	$F_{(1,338)} = 9.64$	$p < .01$	$\eta^2 = .03$	$F_{(1,338)} = 0.05$	$p = .83$	$\eta^2 = .00$
Graphemtreffer	$F_{(1,338)} = 91.59$	$p < .001$	$\eta^2 = .21$	$F_{(1,338)} = 2.68$	$p = .10$	$\eta^2 = .01$
sp und st	$F_{(1,338)} = 49.63$	$p < .001$	$\eta^2 = .13$	$F_{(1,338)} = 0.13$	$p = .72$	$\eta^2 = .00$

### 5.3 Zusammenfassung: Ergebnisse

Die Ergebnisse der einzelnen Analysen zu den Übungen in Mathematik und Rechtschreiben zeigen durchgängig, dass die Kinder, die das gering belastete Format bearbeitet haben, bessere Übungsleistungen erbringen als diejenigen, die das hoch belastete Format bearbeitet haben.

Die zusätzlich überprüften Effekte des Vorwissens, des Arbeitsgedächtnisses, der ADHS-Merkmale, des Aufmerksamkeitsverhaltens und des Selbstkonzepts hingegen ergeben ein weniger einheitliches Bild, da sie je nach Übungsinhalt variieren. Deshalb sind die über den Haupteffekt des Übungsformats hinaus gefundenen Effekte in der Übersicht in Abbildung 37 noch einmal dargestellt. Es wird deutlich, dass in Mathematik bis auf Impulsivität und Hyperaktivität alle analysierten Kovariaten signifikant zur Erklärung der Übungsleistung beitragen, jedoch für keine der Variablen ein Interaktionseffekt mit dem Übungsformat vorliegt.

In Mathematik ist darüber hinaus festzustellen, dass der Einfluss der überprüften lernerseitigen Voraussetzungen tendenziell mit steigender Aufgabenschwierigkeit zunimmt.

Im Rechtschreiben tragen alle Kovariaten außer dem Selbstkonzept und dem Aufmerksamkeitsverhalten signifikant zur Erklärung der Varianz in der Übungsleistung bei. Zusätzlich sind auch einzelne Interaktionseffekte festzustellen, nach denen das Vorwissen, die Aufmerksamkeitsleistung und das Selbstkonzept in den beiden Übungsgruppen einen unterschiedlich starken Einfluss auf die Übungsleistung haben. In den Analysen zeigt sich, dass dieser Effekt beim Vorwissen und der Unaufmerksamkeit dadurch zu erklären ist, dass Kinder mit schwachen Werten in diesen beiden Voraussetzungen im hoch belasteten Format stärker benachteiligt sind als im gering belasteten Format. Bei dem Selbstkonzept ist ein erwartungswidriger Befund festzustellen, da Kinder mit einem besonders guten Selbstkonzept im gering belasteten Format schlechter abschneiden als Kinder mit einem schwachen Selbstkonzept. Im hoch belasteten Format dagegen zeigt sich das reguläre Muster, nach dem Kinder, die sich als besonders gut einschätzen, auch tatsächlich besser abschneiden als diejenigen, die angeben, eher schwach zu sein.

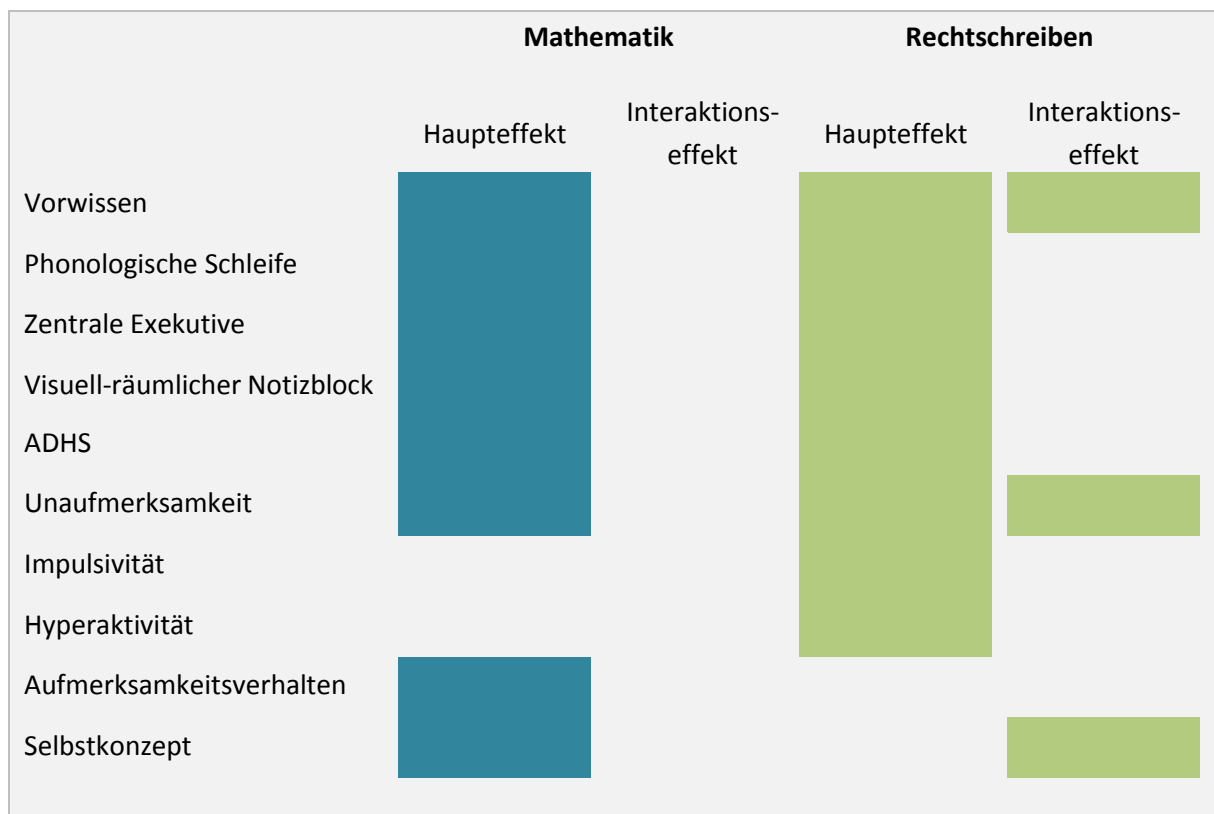


Abbildung 37 Überblick über die Haupteffekte der überprüften Kovariaten sowie die Interaktionseffekte der Kovariaten mit dem Übungsformat auf die abhängige Variable Übungsleistung; blau / grün: signifikanter Effekt; grau: kein signifikanter Effekt



## 6 Diskussion

Das Ziel dieser Arbeit besteht darin, empirisch zu untersuchen, ob die ressourcenorientierte Gestaltung von Übungsmaterial die Übungsleistung von Grundschulern maßgeblich beeinflussen kann. Als ressourcenorientiert werden hier Prinzipien bezeichnet, welche die kognitiven Ressourcen und Lernvoraussetzungen von Schülern berücksichtigen und den Lernprozess potentiell entlasten.

Im Theorieteil wurden Modelle sowie empirische Befunde zu Bedingungen erfolgreichen Lernens vorgestellt, aus denen Gestaltungsprinzipien abgeleitet wurden, die es ermöglichen sollen, Lernvoraussetzungen zu berücksichtigen und somit kognitive Ressourcen optimal zu nutzen. Diese haben sich in empirischen Studien bewährt, sind aber vorrangig für komplexe, meist multimediale Aufgaben und mit Jugendlichen oder Erwachsenen erprobt worden. Die grundlegende Hypothese dieser Arbeit ist nun, dass insbesondere schwache Grundschüler von einem solchen Instruktionsdesign profitieren, welches die mentalen Kapazitäten beachtet und dass dies auch bei einfach strukturierten Übungsaufgaben der Fall ist. In Abschnitt 3 wurden dazu Fragestellungen und differenzierte Hypothesen erarbeitet, welche am Beispiel einer Übungssitzung in Mathematik und Rechtschreiben mit Zweitklässlern empirisch überprüft wurden. Die Ergebnisse zu den einzelnen Fragestellungen werden nun erläutert und vor dem Hintergrund der oben dargestellten Theorien diskutiert.

### *Einfluss des Übungsformats auf die Übungsleistung*

Hypothese 1 besagt, dass aufgrund des Übungsformats signifikante Unterschiede in der Übungsleistung zwischen den beiden Gruppen bestehen. Dies bestätigt sich in beiden Fächern und für nahezu alle untersuchten Aspekte. Schüler, die das gering belastete Format erhielten, lösten insgesamt mehr Aufgaben korrekt (Hypothese 1a). Dieser Effekt fällt im Rechtschreiben größer aus als in Mathematik (Mathematik  $d = 0.36$ , Rechtschreiben  $d = 0.67$ ), was sich unter Umständen dadurch erklären lässt, dass die in Mathematik eingesetzten Formate häufiger in konventionellen Übungsheften vorkommen und somit bereits etwas vorentlastet waren. Um diese Annahme zu prüfen, müsste kontrolliert werden, welche Formate die Kinder bereits vorher kannten und regelmäßig bearbeiteten. Dies könnte einen erheblichen Einfluss auf die Fähigkeit haben, die angebotenen Aufgaben zu bearbeiten und sollte daher in künftigen Studien unbedingt erhoben werden.

Ebenso zeigen sich diese Unterschiede in der Bearbeitungszeit, denn die Diskrepanz zwischen den beiden Übungsgruppen ist im Rechtschreiben deutlich größer als in Mathematik (Mathematik  $d = 0.66$ , Rechtschreiben  $d = 2.38$ ). In beiden Fächern benötigten die Schüler

weniger Bearbeitungszeit, wenn sie das gering belastete Format erhielten (Hypothese 1b). Dies ist ein Indiz dafür, dass es gelingt, Lernzeit effektiver zu nutzen, wenn Aufgaben intuitiv verständlich und ohne ablenkende Reize dargeboten werden, wie dies im gering belasteten Format der Fall war.

Natürlich könnte man gegen diese Schlussfolgerung argumentieren und stattdessen annehmen, dass die Schüler die Aufgaben zwar schneller bearbeiten, dafür aber oberflächlicher und deshalb langfristig weniger profitieren. Beide Optionen sind möglich, aber im Rahmen der vorliegenden Daten nicht endgültig aufzuklären, so dass eine Anschlussstudie indiziert ist, in der das Material über einen längeren Förderzeitraum eingesetzt und Lernerfolge kontrolliert werden.

In Mathematik wurde zusätzlich erfasst, wie viele Aufgaben die Schüler in der Übungsphase übersprangen (Hypothese 1c). Wie angenommen zeigten sich auch hier Vorteile für die gering belasteten Aufgaben ( $d = 0.41$ ). Trotz gleicher Schwierigkeit der Aufgaben und vergleichbarer Lernvoraussetzungen in den beiden Übungsgruppen gelang es demzufolge den Kindern, die das ressourcenorientierte Format bearbeiteten, besser, sich auf dem Blatt zu orientieren und ihr Vorwissen zu nutzen.

Es kommt hinzu, dass in den Gruppen mit dem hoch belasteten Format deutlich mehr Fragen gestellt wurden, um die Aufgabenstellung zu klären (Hypothese 1d). In beiden Fächern liegen große Effekte vor (Mathematik  $d = 1.81$ , Rechtschreiben  $d = 1.96$ ). Dies zeigt, dass es bei den ressourcenorientierten Formaten besser gelungen ist, Aufgaben intuitiv verständlich zu machen, während die Schüler bei den konventionellen Formaten auf zusätzliche Hilfen und Erklärungen angewiesen waren. Dies führte dann vermutlich auch zu Unterschieden, welche sich im Aufmerksamkeitsverhalten während der Übung niederschlugen (Hypothesen 1e). Wie erwartet war in beiden Fächern in den Gruppen mit dem gering belasteten Format ein höherer Anteil passiven on task-Verhaltens festzustellen (Mathematik  $d = 0.35$ , Rechtschreiben  $d = 0.34$ ). Hier bearbeiteten die Schüler die Aufgaben demzufolge in einem größeren Teil der Zeit selbständig, was für diese Art der Übungsaufgaben als Zielverhalten anzustreben ist. Im Umkehrschluss ist dann auch festzustellen, dass sich die Schüler mit dem hoch belasteten Format stärker bemühten, zusätzliche Hilfen zu erhalten und somit mehr aktives on task-Verhalten zeigten (Mathematik  $d = 0.61$ , Rechtschreiben  $d = 0.33$ ).

Hypothese 1f, nach der sich bei dem hoch belasteten Format mehr Schüler ablenken lassen und in der Folge gesteigertes off task-Verhalten zeigen, kann nicht bestätigt werden. Tendenziell liegen zwar Unterschiede zwischen den beiden Gruppen vor, die in diese Richtung weisen, jedoch sind diese nicht signifikant.

Insgesamt ist anzunehmen, dass die eingesetzten Formate der konventionellen Aufgaben weniger intuitiv verständlich waren und weniger übersichtlich präsentiert wurden und dass diese Bedingungen Nachteile mit sich brachten, die in schwächeren Übungsleistungen resultierten.

Die in Hypothese 2 formulierte Annahme, dass die Effekte des Übungsformats in Mathematik je nach Schwierigkeit der Aufgaben variieren, kann mit den vorliegenden Daten nicht bestätigt werden. Auch wenn deskriptiv tendenziell bei den einfachen Aufgaben etwas geringere Unterschiede vorliegen als bei den schwierigeren, sind keine signifikanten Interaktionseffekte zwischen Schwierigkeit und Übungsformat zu verzeichnen. Die Überlegenheit des ressourcenorientierten Formats zeigt sich vielmehr auf allen Schwierigkeitsstufen mit Effektstärken von  $d = 0.23$  bis  $0.35$ . Dies bestätigt grundsätzlich die Annahme, dass es auch bei sehr einfach strukturierten Aufgaben von Bedeutung ist, ökonomisch mit der kognitiven Kapazität umzugehen, um bessere Leistungen zu ermöglichen.

Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass das Schwierigkeitsniveau zwar variiert, aber insgesamt relativ niedrig ist, was sich einerseits in der Einschätzung der Schüler zeigt und andererseits in den Schwierigkeitsindizes niederschlägt, die zwischen  $P_i = .50$  und  $.88$  liegen. Für Übungsaufgaben ist es sinnvoll, Aufgaben mittlerer Schwierigkeit vorzugeben, um Lerneffekte zu erzielen (Lauth & Mackowiak, 2006). Allerdings wäre es für die wissenschaftliche Erhebung zuträglich, auch im oberen Leistungsbereich stärker zu differenzieren, um Effekte abbilden zu können.

Über die Leistungsmaße hinaus wurden der Spaß bei der Bearbeitung der Aufgaben sowie die wahrgenommene Schwierigkeit erfragt. Die Annahme, das geringer belastete Format falle den Schülern leichter (Hypothese 1g) und mache ihnen mehr Spaß, weil es leichter zugänglich ist (Hypothese 1h), lässt sich ausschließlich für die Rechtschreibaufgaben bestätigen. Hier zeigen sich kleine bis mittlere Effekte zugunsten des ressourcenorientierten Formats (Schwierigkeit  $d = 0.52$ , Spaß  $d = 0.23$ ). Einschränkend ist anzumerken, dass die Einschätzung der Schüler in beiden Variablen lediglich eine geringe Varianz aufweist. Obwohl ihnen die Aufgaben mit dem hoch belasteten Format, den Leistungsmaßen nach zu urteilen, durchaus in beiden Fächern schwerer gefallen sind, bewerten sie die Aufgaben insgesamt als eher einfach und geben lediglich im Rechtschreiben an, das hoch belastete Format als etwas schwieriger wahrgenommen zu haben. Ähnlich gestaltet sich das Muster auch beim Spaß während der Übung. Für diese Frage liegt ebenfalls eine geringe Varianz vor und die Schüler geben insgesamt an, die Aufgaben hätten ihnen viel Spaß gemacht. Dies mag zum einen der besonderen Situation geschuldet sein, in der Übungsleiter von außen in die Klassen kamen und

etwas Besonderes mit den Schülern machten, zum anderen ist möglich, dass ein ähnlicher Effekt auftrat wie dies häufig bei Fragen zum Selbstkonzept der Fall ist (Randhawa, 2012), nach dem jüngere Schüler der Tendenz folgen, derartige Aussagen etwas zu positiv zu bewerten.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass es mit Hilfe des ressourcenorientierten Formats gelungen ist, den proximalen Output der Übungssequenz in beiden Fächern zu erhöhen. Dies gilt ausnahmslos für die Leistungsmaße, während sich bei den zusätzlich erhobenen Rahmenbedingungen ein heterogenes Muster abzeichnet. Signifikante Unterschiede fallen durchgängig zugunsten des ressourcenorientierten Formats aus. Entgegen der theoriegeleiteten Erwartungen erreichen die Differenzen in der Einschätzung von Schwierigkeit und Spaß nur beim Rechtschreiben ein statistisch bedeutsames Ausmaß. Dabei ist zu beachten, dass die Mathematikaufgaben insgesamt tendenziell einfacher waren als die Rechtschreibaufgaben, was für die Einschätzung der Schüler durchaus eine Rolle gespielt haben dürfte. Beim off task-Verhalten sind in keinem der Fächer Unterschiede festzustellen, wobei hier zu berücksichtigen ist, dass Schüler beim Üben, speziell in einer so kurzen Sequenz wie hier, selten off task-Verhalten zeigen. Darüber hinaus hängt der Einfluss des Übungsformats in Mathematik nicht in erwartetem Maße von der Schwierigkeit der Aufgaben ab.

Die Ergebnisse weisen auf ein beachtliches Potential ressourcenorientierter Aufgabengestaltung hin, zumal die konventionellen Aufgaben für den Einsatz in der Studie bereits etwas vorentlastet wurden und somit noch größere Unterschiede zu tatsächlichen Übungsheften zu erwarten sind. So wurden allen Aufgaben Beispiele hinzugefügt, das Rechtschreibformat wurde klarer strukturiert und die Aufgabenstellung verdeutlicht. Auch die Anzahl der zu bearbeitenden Aufgaben ist überschaubar. Außerdem sind selbst in dem hoch belasteten Format relativ wenige zusätzliche ablenkende Elemente wie sprechende Tiere, unnötige Bilder oder ähnliches enthalten, was in der Praxis häufig vorkommt.

Im nächsten Schritt ist nun zu klären, welche Bedeutung zusätzliche Inputvariablen, nämlich die Lernvoraussetzungen der Schüler, für die Übungsleistung haben.

### *Einfluss lernerseitiger Voraussetzungen auf die Übungsleistung*

Gemäß dem Modell der guten Informationsverarbeitung nach Pressley, Borkowski und Schneider (1987) sind in Hypothese 3 Vorwissen, Arbeitsgedächtnisressourcen, die Ausprägung der ADHS-Merkmale, das Aufmerksamkeitsverhalten und das Selbstkonzept als zentrale Voraussetzungen für erfolgreiches Lernen beschrieben. Daraus leitet sich die Annahme ab, dass Schüler bessere Leistungen zeigen, wenn sie günstigere Bedingungen in diesen Variablen aufweisen, da sie auf einen größeren Pool an Ressourcen zurückgreifen können.

Das Vorwissen erweist sich, wie erwartet (Hypothese 3a), in beiden Fächern als bedeutender Prädiktor der Übungsleistung, was sich in Haupteffekten des Vorwissens niederschlägt (Mathematik  $\eta^2 = .52$ , Rechtschreiben  $\eta^2 = .10$ ), die zusätzlich zum Effekt des Übungsformats auftreten. Je mehr Vorwissen Schüler vor der Übung zeigten, desto besser waren sie auch in der Übung. In Mathematik ist zusätzlich festzustellen, dass die Bedeutung des Vorwissens mit zunehmender Schwierigkeit ansteigt. Dies stellt einen trivialen Zusammenhang dar, da bei schwierigeren Aufgaben höhere Anforderungen wirksam werden, welche mit einem größeren Vorwissen besser bewältigt werden können, zumal das Vorwissen mit einem proximalen Maß erfasst wurde.

Auch die Arbeitsgedächtnisressourcen erweisen sich als bedeutsam für die Übungsleistung (Hypothese 3b). Dasselbe gilt für alle Komponenten des Arbeitsgedächtnisses und für beide Fächer (Mathematik  $\eta^2 = .02 - .06$ , Rechtschreiben  $\eta^2 = .02 - .03$ ). Insgesamt fallen die Effekte jedoch kleiner aus als erwartet, was an den eingesetzten Instrumenten liegen mag oder aber daran, dass bei den vergleichsweise einfach strukturierten Aufgaben doch nicht solch starke Arbeitsgedächtnisbelastungen auftreten wie angenommen. Dies spräche für Swellers (2010) Argumentation, dass bei geringer Elementinteraktivität ebenso geringere Belastungen des Arbeitsgedächtnisses entstehen und somit die bestehenden Ressourcen einen schwächeren Einfluss auf die Leistungen haben. Dazu passt, dass das Arbeitsgedächtnis ebenso wie das Vorwissen an Bedeutung gewinnt, wenn die Aufgaben schwieriger werden.

Interessant ist darüber hinaus zu prüfen, ob je nach Inhalt spezifische Effekte der einzelnen Arbeitsgedächtniskomponenten vorliegen, da die Befundlage dazu bisher noch nicht eindeutig ist (Kapitel 2.2.4). Allerdings sind aus den geschilderten Ergebnissen keine differenziellen Effekte abzuleiten, da alle Komponenten zur Aufklärung der Varianz in der Übungsleistung beitragen und dies auch in einem vergleichbaren Maße tun. Lediglich zentrale Exekutive und visuell-räumliches Arbeitsgedächtnis wirken in Mathematik tendenziell etwas stärker als im Rechtschreiben. Möglicherweise gehen die Arbeitsgedächtnisbelastungen, die in den vorliegenden Übungsaufgaben bestehen, nicht vorrangig aus den inhaltlichen Anforderungen der Aufgaben hervor. Vielmehr könnten allgemeinere Belastungen zum Tragen kommen, welche sich aus dem Aufgabenverständnis ergeben. Dazu gehört sowohl, einzelne Informationen für kurze Zeit im Gedächtnis zu behalten, was mit Hilfe der phonologischen Schleife gewährleistet wird, als auch sich auf dem Aufgabenblatt zu orientieren und räumlich getrennt dargebotene Informationen zu integrieren, was das visuell-räumliche Arbeitsgedächtnis beansprucht. Zudem müssen diese Prozesse koordiniert und Einzelinformationen kombiniert werden, so dass die zentrale Exekutive ebenfalls gefordert ist.

Auf diese Weise könnte zu erklären sein, dass relativ unabhängig vom Inhalt alle Komponenten belastet werden, aber aufgrund der vergleichsweise einfach strukturierten Aufgaben lediglich kleine Effekte auftreten.

In Hypothese 3c wurde die Annahme formuliert, dass auch die ADHS-Merkmale Unaufmerksamkeit, Hyperaktivität und Impulsivität als Prädiktoren für die Übungsleistung fungieren. Dies lässt sich ebenfalls für beide Fächer bestätigen, wenn der Gesamtwert der Lehrereinschätzung in die Analysen eingeht (Mathematik  $\eta^2 = .02$ , Rechtschreiben  $\eta^2 = .05$ ). In Mathematik ist wiederum mit steigender Schwierigkeit ein zunehmender Einfluss festzustellen. Theoriegeleitet ist insbesondere bei starker Unaufmerksamkeit mit Einschränkungen der Leistung zu rechnen (Berg & Imhof, 2006; Hanania & Smith, 2010; Walther & Ellinger, 2008). Dieser Effekt zeigt sich wie erwartet sowohl in Mathematik ( $\eta^2 = .06$ ) als auch im Rechtschreiben ( $\eta^2 = .07$ ) und erreicht jeweils eine mittlere Stärke. Hyperaktivität ( $\eta^2 = .02$ ) und Impulsivität ( $\eta^2 = .05$ ) dagegen wirken sich ausschließlich auf die Rechtschreibleistungen signifikant aus und bleiben im Bereich eines kleinen Effekts. Der Grund dafür könnte sein, dass bei den Rechtschreibaufgaben mehrere Schritte am Stück ausgeführt werden müssen, bis ein Wort bearbeitet ist, während beim Rechnen die einzelnen Aufgaben aus weniger Elementen bestehen und somit schneller abgeschlossen sind. Daher sind sie möglicherweise weniger anfällig für Ablenkungen und Unterbrechungen, die bei hyperaktivem und impulsivem Verhalten häufig auftreten können.

Auch das Aufmerksamkeitsverhalten der Schüler kann nach Hypothese 3d als Ressource für erfolgreiches Lernen betrachtet werden. In Mathematik bestätigt sich dies, da ein Haupteffekt für das passive on task-Verhalten vorliegt ( $\eta^2 = .05$ ) und wiederum ein zunehmender Einfluss bei steigender Schwierigkeit zu verzeichnen ist. Bei den Rechtschreibaufgaben hingegen spielt das positive Aufmerksamkeitsverhalten im Prätest keine bedeutsame Rolle für die Übungsleistung. Womöglich ist es keine vergleichbar stabile Eigenschaft, wie beispielsweise das Arbeitsgedächtnis, so dass das Aufgabenformat das Verhalten der Schüler beeinflussen kann. Das Diktat im Prätest der Rechtschreibsequenz stellt eine stärker gelenkte Situation dar als die Aufgaben in Mathematik und auch die Übungsphase im Rechtschreiben, so dass weniger Gelegenheiten für abweichendes Aufmerksamkeitsverhalten bestehen. Ein weiterer Hinweis auf diese Wirkrichtung ist der oben bereits beschriebene Unterschied des Aufmerksamkeitsverhaltens zwischen den beiden Gruppen in der Übungsphase. Hier profitieren die Schüler der Gruppe mit dem gering belasteten Format, da sie mehr passives on task-Verhalten zeigen und schließlich in der gleichen Zeit mehr Aufgaben bearbeiten. Somit ist davon auszugehen, dass das Aufmerksamkeitsverhalten einerseits eine wichtige Ressource

darstellt, weil es hilft, zur Verfügung stehende Zeit effektiv zu nutzen, dass es andererseits aber auch das Ergebnis einer ressourcenorientierten Aufgabengestaltung sein kann, die kontinuierliches on task-Verhalten unterstützt.

Zusätzlich zu den bisher erläuterten Einflussfaktoren wurde in Hypothese 3e das Selbstkonzept als Prädiktor für die Übungsleistung berücksichtigt. Die Selbsteinschätzung „Ich kann gut rechnen.“ beziehungsweise „Ich kann gut schreiben.“ sollte demzufolge einen substanziellen Anteil der Varianz in der Übungsleistung aufklären. Dies gelingt allerdings nur bei den Rechenaufgaben ( $\eta^2 = .14$ ), wo das Selbstkonzept sogar einen großen Effekt hat. Zusätzlich ist festzustellen, dass es wiederum bei den einfachen Aufgaben wenig Einfluss hat, mit zunehmender Schwierigkeit aber an Bedeutung gewinnt. Wie bereits im Ergebnisteil erläutert (Kapitel 5.1.3.5) ist anzunehmen, dass der Zusammenhang zwischen Vorwissen und Selbstkonzept dafür verantwortlich ist, dass das Selbstkonzept einen solch bedeutsamen Anteil an der Übungsleistung hat. Bei Kontrolle des Vorwissens reduziert sich der Effekt nämlich deutlich und wird nicht mehr signifikant. Zusätzlich spielt womöglich der Umstand eine Rolle, dass sich insbesondere jüngere Schüler tendenziell etwas zu gut einschätzen (Randhawa, 2012), so dass die Varianz der Antworten eingeschränkt ist. Dies gilt ebenso für die Rechtschreibaufgaben, bei denen auch ohne Kontrolle des Vorwissens kein signifikanter Effekt des Selbstkonzepts zu verzeichnen ist. Natürlich ist zu beachten, dass die Erhebung mittels eines einzigen Items knapp bemessen ist und größere Verlässlichkeit und Robustheit der Untersuchung durch mehrere Fragen gesichert werden könnten.

Insgesamt ist festzuhalten, dass sich Vorwissen, Arbeitsgedächtnis und die ADHS-Merkmale, hier insbesondere die Unaufmerksamkeit, als die bedeutsamsten Prädiktoren für die Übungsleistung erwiesen haben. Die Effektstärken sind etwas schwächer als angenommen, doch der Einfluss zeigt sich durchgängig in beiden Fächern und es stellt sich ein theoriekonformes Bild dar.

Das Aufmerksamkeitsverhalten während der Aufgabenbearbeitung dagegen erweist sich als weniger stabiler Prädiktor, da es selbst von der Aufgabe abhängig ist. Es kann daher sowohl Bedingung als auch Konsequenz der Aufgabengestaltung sein, wodurch ihm ebenso eine wichtige Rolle zukommt. Für das Selbstkonzept ist die Befundlage unklar, da in Mathematik ein Effekt auftritt, im Rechtschreiben jedoch nicht. Vor dem Hintergrund der methodischen Einschränkungen ist eine weitere Untersuchung mit einer überarbeiteten Diagnostik angesagt. Nachdem sich das Übungsformat und die lernerseitigen Voraussetzungen im Großen und Ganzen wie erwartet auf die Übungsleistungen ausgewirkt haben, sollen im nächsten Schritt Wechselwirkungen zwischen diesen beiden Faktoren dargestellt werden.

### *Interaktionen lernerseitiger Voraussetzungen und des Übungsformats*

Ausgangspunkt der vorliegenden Untersuchung ist die Idee, Übungsmaterial könne genauer auf die Lernvoraussetzungen von Schülern abgestimmt werden, damit diese besser von Lern- und Übungsphasen profitieren. Der Fokus liegt auf Schülern, die schwache Ausgangsbedingungen mitbringen, da anzunehmen ist, dass diese durch ungünstiges Material zusätzlich benachteiligt werden. Daraus leitet sich das Ziel ab, Nachteile, die schwachen Schülern durch mangelnde kognitive Ressourcen und ungünstige Lernvoraussetzungen entstehen, durch ein ressourcenschonendes Aufgabenformat zu mindern oder gar zu kompensieren. Daher wurden die Interaktionen der einzelnen Voraussetzungen mit dem Übungsformat für beide Fächer überprüft (Hypothese 4).

Entgegen den Erwartungen sind für die Mathematikaufgaben keine Interaktionseffekte zwischen Übungsformat und lernerseitigen Voraussetzungen festzustellen, so dass davon auszugehen ist, dass das ressourcenorientierte Format den Schülern zwar zu besseren Übungsleistungen verholfen hat, dieser Effekt aber bei allen Schülern unabhängig von den Lernvoraussetzungen auftrat. Ebenso bleiben die Dreifachinteraktionen zwischen Übungsformat, Lernvoraussetzungen und Schwierigkeit ohne Befund. Dies bedeutet, dass das ressourcenorientierte Format für alle Schüler und unabhängig von der Schwierigkeit der Aufgaben Vorteile mit sich bringt. Hypothese 4a ist demnach für die Mathematikaufgaben abzulehnen, da starke Schüler in ähnlichem Maße durch das hoch belastete Format benachteiligt werden wie schwächere. Im Umkehrschluss ist ebenso Hypothese 4b zurückzuweisen, nach der die Nachteile schwacher Lerner gegenüber starken durch das ressourcenorientierte Format kompensiert werden können.

Auch bei der Rechtschreibübung zeigen sich weniger Interaktionseffekte als erwartet, doch das Vorwissen, die Unaufmerksamkeit und das Selbstkonzept nehmen in diesem Fall eine moderierende Rolle ein. Je geringer das Vorwissen ist, desto stärker wird der Einfluss des Übungsformats. Es gelingt demnach, Nachteile schwachen Vorwissens durch das Format zu reduzieren. Das heißt, dass schwache Lerner ähnlich gute Leistungen zeigen wie ihre stärkeren Mitschüler, wenn sie das ressourcenorientierte Format erhalten. Bei Schülern mit guten Voraussetzungen dagegen sind die Unterschiede zwischen den beiden Formaten geringer (Abbildung 31). Das gleiche Muster zeigt sich für die Unaufmerksamkeit, deren negative Konsequenzen ebenfalls durch das gering belastete Format gemindert werden können (Abbildung 34). Auch das Selbstkonzept moderiert den Einfluss des Übungsformats und die Leistungen der Schüler mit einem schwachen Selbstkonzept sind besser, wenn diese das gering belastete Format erhalten. Mit steigendem Selbstkonzept nähern sich die Leistungen der beiden



Übungsgruppen allerdings an, was nicht zu erwarten war. Dabei könnte eine Rolle spielen, dass die Selbsteinschätzung der Lerner nicht unbedingt ihre tatsächliche Leistungsfähigkeit widerspiegelt, so dass Über- oder Unterschätzung zu einem verzerrten Bild geführt haben könnten.

Die Hypothesen 4a und 4b können somit für die Rechtschreibaufgaben eingeschränkt angenommen werden. Für Vorwissen und Unaufmerksamkeit bestätigt sich die Annahme, sie könnten die Effekte des Übungsformats so moderieren, dass Nachteile schwacher Lerner reduziert werden. Schüler mit guten Voraussetzungen in den drei Variablen zeigen deutlich geringere Nachteile gegenüber dem ressourcenorientierten Format als Schüler mit einer schwächeren Ausgangslage. Für die anderen Voraussetzungen gilt dieses Prinzip hingegen nicht. Bei diesen wirkt sich das Übungsformat, wie bei den Mathematikaufgaben, für alle Schüler gleich aus. Für das Selbstkonzept liegt zwar ebenfalls ein Interaktionseffekt vor. Dessen Muster fällt jedoch erwartungswidrig aus, da Schüler im gering belasteten Format schlechtere Leistungen zeigen je besser ihr Selbstkonzept ist.

#### *Unmittelbare Übungseffekte*

Letztendlich ist das Ziel einer Übung, die Leistungen von Schülern zu verbessern und aufgrund der oben geschilderten Ergebnisse ist anzunehmen, dass die Effekte von Übungsaufgaben mit Hilfe ressourcenorientierter Materialien gesteigert werden können, weil die Schüler die Lernzeit effektiver nutzen können als bei konventionellem Material und die Schwelle des Aufgabenverständnisses herabgesetzt wird. Wie in Hypothese 5 bereits angemerkt, war allerdings im Rahmen der vorliegenden Studie nicht mit großen Leistungssteigerungen zu rechnen, da die Intervention lediglich einige Minuten dauerte. Dies bestätigt sich im Großen und Ganzen: In Mathematik konnten sich die Schüler beider Übungsgruppen von Prä- zu Posttest nicht signifikant verbessern. Hier bestehen auch keine Unterschiede zwischen enthaltenen und Transferaufgaben. Daher sind die Hypothesen 5a, 5b und 5c für die Mathematikaufgaben abzulehnen.

Im Rechtschreiben hingegen gelang es, mit Ausnahme der Silbentrennung, auf allen Ebenen, die Schülerleistungen zum Posttest signifikant zu verbessern (Hypothese 5b). Jedoch traten keine Unterschiede zwischen den beiden Übungsformaten auf und die Effekte blieben mit  $d = 0.00$  bis  $0.10$  sehr klein (Hypothese 5c). Das Muster widerspricht der Erwartung, die Silbentrennung und die Schreibung von «sp» und «st» seien in der kurzen Übung am besten zu beeinflussen. Dabei könnte das Vorwissen der Schüler eine Rolle spielen, denn die Verwendung von Silbenstrichen oder -bögen war vorab nicht in allen Klassen gleichermaßen bekannt.

Diesen Befunden zufolge ist in beiden Fächern nicht von belastbaren unmittelbaren Übungseffekten zu sprechen. Dies gilt für in der Übung enthaltene und für Transferaufgaben gleichermaßen (Hypothese 5a). Wie berichtet, war die Übungsphase mit maximal zwölf Minuten pro Inhaltsbereich äußerst knapp, so dass dieses Ergebnis nicht verwundert. Für das Vorhaben der vorliegenden Studie sind die Übungseffekte allerdings nicht vorrangig, da es im ersten Schritt darum gehen soll, den Einfluss der lernerseitigen Voraussetzungen, des Instruktionsdesigns und die Interaktionen zwischen diesen beiden Faktoren zu prüfen. Pressley, Borkowski und Schneider (1989) betonen, dass gute Informationsverarbeitung als Ergebnis langjähriger guter Unterrichtspraxis zu betrachten ist und nicht durch kurzfristige Interventionen erreicht werden kann. Auch dieser Aspekt ist selbstverständlich zu berücksichtigen, wenn man die Ergebnisse der vorliegenden Studie bewertet. So ist im Rahmen einer derart kurzen Intervention keine grundlegende Veränderung der Informationsverarbeitung zu erwarten. Vielmehr ist das Design dazu geeignet, auf Nachteile ungünstiger Voraussetzungen und unpassender didaktischer Aufbereitung hinzuweisen sowie Potentiale ressourcenorientierter Maßnahmen aufzuzeigen. Dennoch bleibt langfristig das übergeordnete Ziel, Schülern gesteigerte Lernfortschritte zu ermöglichen. Dies muss in Anschlussstudien mit Hilfe längerer Förder- beziehungsweise Übungsphasen angestrebt werden.

### *Methodenkritik*

Die Ergebnisse müssen vor dem Hintergrund methodischer Einschränkungen betrachtet werden: So stellt die Erhebung einen Querschnitt zu einem einzigen Zeitpunkt dar, obwohl die tatsächlichen Lerneffekte einer Übungsphase natürlich erst langfristig wirksam werden können. Daher muss sich eine längerfristige Förderung anschließen, in der die beiden Übungsformate gegenübergestellt werden.

Zudem sind die verwendeten Diagnoseinstrumente nicht uneingeschränkt aussagekräftig. In diesem Zusammenhang ist beispielsweise zu beachten, dass deren Interkorrelationen insgesamt relativ schwach ausfallen. Es ist nicht auszuschließen, dass dies auf die Eigenschaften einzelner Verfahren zurückzuführen ist. Daher sind die Instrumente an weiteren Stichproben zu evaluieren und gegebenenfalls zu optimieren: Die Problematik der Selbstkonzeptfragen ist bereits mehrfach angesprochen worden. Deshalb sollte eine um zusätzliche Items erweiterte Diagnostik zum Einsatz kommen, die ein robusteres Maß bietet.

Die einzelnen Tests des Arbeitsgedächtnisses korrelieren ebenfalls geringer als dies in der Literatur berichtet wird, so dass angezeigt ist, diese erneut zu überprüfen, zu überarbeiten und mit anderen Verfahren abzugleichen. Ein optimiertes Verfahren könnte auch differenziertere Aussagen darüber zulassen, welche Arbeitsgedächtniskomponenten an welchen Lernprozessen

beteiligt sind. Dies ist noch nicht zufriedenstellend gelungen. In beiden Fächern waren alle Komponenten in ähnlichem Maße an der Übungsleistung beteiligt. Es ist nicht klar zu sagen, ob dies auf die Maße des Arbeitsgedächtnisses zurückzuführen ist oder ob die inhaltlichen Anforderungen eher eine untergeordnete Rolle spielten und sich allgemeine Belastungen durch das Aufgabenverständnis, die Orientierung auf dem Blatt und ähnliche Aspekte Arbeitsgedächtnisressourcen beanspruchten.

Der Fragebogen zu den ADHS-Merkmalen hat sich zwar als ökonomisches und gut einsetzbares Instrument erwiesen. Jedoch könnte die Aufmerksamkeitsdiagnostik in weiteren Studien noch um ein stärker an der Leistung der Schüler orientiertes Verfahren ergänzt werden. So könnte zusätzlich zwischen selektiver Aufmerksamkeit und Daueraufmerksamkeit differenziert werden, um Effekte der Aufgabengestaltung klarer abzubilden.

Zudem ist das Design des Prä- und Posttests in Mathematik näher an dem des gering belasteten als an dem des hoch belasteten Übungsformats. Differenziertere Aussagen könnten durch ein ebenfalls eingebettetes Format im Prä- und Posttest ermöglicht werden. Zudem sollten bereits bekannte Formate im Vorfeld abgefragt werden, denn es ist durchaus möglich, dass auch hoch belastete Formate deutlich entlastet werden können, wenn sie über eine längere Zeit im Unterricht eingesetzt werden und somit spezifisches Vorwissen zum Aufgabenformat und zum jeweiligen Vorgehen aufgebaut wird.

Die Effekte der Instruktionsgestaltung wurden im Rahmen der Studie lediglich exemplarisch anhand zweier Arbeitsblätter gezeigt und sind daher als ein erster Hinweis auf die hohe Relevanz ressourcenorientierter Gestaltung von Lern- und Übungsmaterialien zu interpretieren. Für den begrenzten Bereich, der untersucht wurde, zeigen sich allerdings deutliche Vorteile der nach dem Wissen über kognitive Ressourcen gestalteten gegenüber den an üblichen Übungsheften orientierten Materialien.

Offen bleibt bei dem hier gewählten Vorgehen, welche Gestaltungselemente genau welche Effekte verursacht haben. Dazu könnten in weiteren Studien Testreihen genutzt werden, bei denen lediglich einzelne Elemente manipuliert werden, wie zum Beispiel die Farbe, die Anordnung der Aufgaben oder die Vorgabe eines Beispiels. In diesem Rahmen wäre zudem ein *within subject*-Design möglich, mit dessen Hilfe die Reaktion ein und derselben Person auf unterschiedliche Aufgabengestaltung erfasst werden kann.

### *Fazit*

Als Kriterien gelungenen Instruktionsdesigns wurden im Theorieteil die aus dem QUAIT-Modell (Slavin, 1984, 1994) stammenden Faktoren *quality*, *appropriateness*, *incentive* und *time* genannt (Kapitel 2.1.1, 2.8.2), die sich ebenso an anderer Stelle als bedeutsam erwiesen haben

(Carroll, 1963; Scheerens & Bosker, 1997). Anhand der oben erläuterten Ergebnisse ist zu bestätigen, dass mit dem eingesetzten ressourcenorientierten Material eine solche Instruktion gelungen ist, die deutliche Vorteile gegenüber konventionellem Material bringt. Die Schüler mussten im Vergleich zu dem hoch belasteten Format weniger Fragen stellen, um die Aufgabenstellung zu bearbeiten. Dies zeigt, dass die gering belasteten Aufgaben intuitiv verständlich waren und somit eine hohe Qualität im Sinne des Modells erreichten (*quality*). Damit ist auch der Anspruch erfüllt, Aufgaben zu generieren, mit denen Schüler eigenständig arbeiten können, was in intensiven Übungsphasen im Unterricht und bei den Hausaufgaben essentiell für erfolgreiches Lernen ist (Souvignier & Gold, 2006).

Für beide Formate gilt, dass die Aufgaben inhaltlich auf einem angemessenen Niveau angeboten wurden, was sich in den Schwierigkeitsindizes und den Schülereinschätzungen widerspiegelt (*appropriateness*). Das Ziel, die Ressourcen der Schüler nicht zu überlasten, ist ebenso erreicht worden. Um die Anforderungen tatsächlich optimal auf die kognitiven Voraussetzungen der Lerner abzustimmen, sind aber weitere Forschungsbemühungen notwendig.

Der Aspekt der Motivation und Lernbereitschaft ist in der kurzen Intervention schwer zu überprüfen, doch ist zumindest im Rechtschreiben festzustellen, dass die Schüler angeben, bei dem geringer belasteten Format mehr Spaß gehabt zu haben. Dies ist immerhin ein erster Hinweis darauf, dass die Aufgabengestaltung sich auch auf dieser Ebene auswirken (*incentive*) und zu einer größeren Lernbereitschaft in zukünftigen Lernsituationen beitragen kann.

Im ressourcenorientierten Format benötigten die Schüler weniger Zeit und bearbeiteten dennoch mehr Aufgaben. Zudem waren sie zu einem größeren Teil der Übungszeit tatsächlich mit der Lösung der Aufgaben beschäftigt, da sie mehr passives on task-Verhalten zeigten und in Mathematik übersprangen sie weniger Aufgaben, so dass sie die zur Verfügung stehende Zeit effektiver nutzen konnten (*time*).

Es ist somit festzustellen, dass das ressourcenorientierte Format die Lernbedingungen verbesserte. Daher liegt in diesem Fall ein Erleichterungseffekt im Sinne von Rasch und Schnotz (2006) vor, nach dem grundsätzlich beherrschte Aufgaben entlastet und Lernprozesse optimiert werden.

Diese Aspekte lassen vermuten, dass Schüler durch die Arbeit mit solch einem entlasteten Format auch größere Lernfortschritte machen. Dies konnte jedoch in der vorliegenden Arbeit noch nicht gezeigt werden. Aufgrund der kurzen Übungsphase sind in Mathematik keine, im Rechtschreiben sehr geringe Übungseffekte und keine Unterschiede zwischen den beiden Übungsformaten zu verzeichnen. Daher bleibt es die zentrale Aufgabe für weiterführende

Projekte, an diesem Punkt anzuknüpfen und Trainingseffekte ressourcenorientierter Materialien zu prüfen.

Die Cognitive Load Theory wurde als theoretischer Überbau für diese Arbeit gewählt, jedoch bereits im Vorhinein mit der Einschränkung verwendet, dass bisherige Befunde vermutlich nicht ohne Weiteres auf die vorliegende Situation übertragbar sind. Kein Zweifel besteht daran, dass Grundschüler und generell eher schwache Schüler in besonderer Weise auf Übungsphasen angewiesen sind, in denen sie grundlegende Prozesse automatisieren, um komplexere Aufgaben leichter bewältigen zu können (Bannert, 2002; LaBerge & Samuels, 1974; Lauth & Schlottke, 2009; Owen & Sweller, 1989; Sweller, van Merriënboer & Paas, 1998; van Merriënboer & Kester, 2005). Es ist allerdings davon auszugehen, dass auch bei diesen Automatisierungsprozessen selbst kognitive Ressourcen beansprucht werden, wie sich an den geschilderten Haupteffekten in beiden Fächern ablesen lässt. Eine zentrale Aufgabe der Arbeit war, zu überprüfen, ob sich die Annahmen der Cognitive Load Theory trotz gegensätzlicher Aussagen (Sweller, 1994) auf Aufgaben mit geringer Elementinteraktivität, wie die eingesetzten Übungsaufgaben, übertragen lassen – unter der Voraussetzung, dass die Zielgruppe geringeres Vorwissen und weniger Lernerfahrung mitbringt und somit noch vorrangig auf die Automatisierung von Teilprozessen angewiesen ist.

Die Ergebnisse zeigen, dass der Einwand Swellers (1994), die Effekte der Cognitive Load Theory kämen nur bei komplexen Aufgaben und eher bei schwachen Lernern zum Tragen, im hier untersuchten Kontext nicht uneingeschränkt gültig ist. Vielmehr ist anzunehmen, dass die in Tuovinen (2000) Flussdiagramm enthaltenen Bedingungen zu ergänzen sind. Über die Elementinteraktivität hinaus spielt demzufolge eine Rolle, ob die Schüler die Inhalte bereits sicher in verschiedenen Kontexten anwenden. Ist dies nicht der Fall, hat die extrinsische Belastung auch bei einfach strukturierten Aufgaben eine hohe Relevanz.

Die kognitiven Ressourcen werden zwar womöglich nicht so stark belastet, dass unweigerlich eine kognitive Überlastung folgt. Zudem sind viele der beschriebenen Effekte bei einfachen Übungsaufgaben nicht mehr gut zu manipulieren. Dennoch konnten im Rahmen der vorliegenden Studie Hinweise darauf gefunden werden, dass die Gestaltung der Aufgaben bei Übungen auf einem einfachen Niveau und sowohl bei starken als auch bei schwachen Schülern bedeutsam ist. Letzteres zeigt sich am Ausbleiben des *expertise reversal*-Effekts (Kalyuga, Ayres, Chandler & Sweller, 2003; Schnotz & Kürschner, 2007; Sweller, 2004; Kapitel 2.7.3). Dieser wäre nach Swellers Argumentation zu erwarten gewesen, da es sich bei den Übungsaufgaben um einfach strukturierte Aufgaben mit relativ geringer Elementinteraktivität handelte. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Schüler hier keine neuen Informationen

erschließen mussten und sie auch nicht durch überflüssige Hilfestellungen in ihrem Lernprozess aufgehalten wurden. Dass die starken Schüler ebenfalls noch von dem ressourcenorientierten Format profitierten, lässt sich unter Umständen auch mit der Zielgruppe erklären. Die Befunde, die für ältere Schüler und Studenten vorliegen, sind nicht ohne Weiteres auf Grundschüler zu übertragen. Vielmehr sind einzelne Effekte für diese Gruppe separat zu prüfen, zumal es mit dem hier gewählten Design nicht eindeutig möglich war, Unterschiede in der Übungsleistung auf spezifische Effekte im Sinne der Theorie zurückzuführen. Es ist lediglich theoriegeleitet anzunehmen, dass beispielsweise der Einsatz von *seductive details* (Harp & Mayer, 1998; Mayer, 2001) und getrennt dargebotenen Informationen im Sinne des *split attention*-Effekts (Bobis, Sweller & Cooper, 1993; Sweller & Chandler, 1994, Kalyuga, Chandler & Sweller, 1998; Low & Sweller, 2005) im hoch belasteten Format ein Lernhindernis darstellten.

Andererseits muss konstatiert werden, dass das Format für die theoretisch angenommenen Ressourcen Vorwissen, Arbeitsgedächtnis, Aufmerksamkeit und Selbstkonzept nicht in erwartetem Maße als Moderator fungierte. Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass die vorgenommenen Entlastungen nicht gezielt genug diese Ressourcen trafen. Wahrscheinlicher aber ist, dass eben doch nicht nur schwache Schüler von ressourcenorientiertem Material profitieren und somit Verbesserungspotentiale für alle Schüler bestehen. Grundsätzlich ist zu betonen, dass die genannten Ressourcen natürlich bei Aufgaben stärker zum Tragen kommen, bei denen es darum geht, Neues zu lernen und zu verstehen. Zudem sind die im Rechtschreiben gefundenen Möglichkeiten, solch ungünstige lernerseitige Voraussetzungen wie das Vorwissen und die Unaufmerksamkeit zu kompensieren, durchaus vielversprechend. Daher sollte der vorgestellte Ansatz weiterentwickelt und intensiver verfolgt werden. Das Ziel der Forschungsbemühungen ist letztendlich, die Förderung der Schüler zu verbessern und auch Kindern mit schlechten Voraussetzungen bessere Lernerfolge zu ermöglichen. Aus diesem Grund werden im folgenden Abschnitt weiterführende Forschungsansätze skizziert und erste Implikationen für die Praxis erläutert.

### *Implikationen für weitere Forschung und die Praxis*

Auch wenn im ersten Schritt gezeigt werden konnte, dass es sich lohnt, Aufgaben nach Prinzipien ressourcenorientierter Lernförderung zu gestalten und erste Befunde bestätigen, dass dies ebenso für einfach strukturierte Übungsaufgaben in der Grundschule gilt, bleiben noch einige Aspekte offen.

Die Cognitive Load Theory erweist sich zwar als brauchbarer theoretischer Überbau. Dennoch ist klar zu sagen, dass einzelne Effekte noch empirischer Prüfung bedürfen und dass es vielversprechend ist, das Forschungsfeld um die Zielgruppe der Grundschüler und insbesondere

auf die lernwirksame Bearbeitung von Übungsaufgaben zu erweitern. Für diese könnten sich spezifische Mechanismen und Grundsätze als wirksam erweisen und somit die Theorie um einen wichtigen Baustein erweitern.

Natürlich kann im Rahmen dieser Intervention trotz positiver Hinweise noch keine Aussage darüber getroffen werden, ob Schüler bei längerem Einsatz des ressourcenoptimierten Materials auch langfristige Übungserfolge und damit Lernzuwächse zeigen. Nach Sweller (2010) ist mit einer Reduktion der extrinsischen Belastung noch nicht gewährleistet, dass sich die lernbezogene Belastung automatisch im gewünschten Maß erhöht und somit das Lernergebnis steigert. Dazu ist es unter Umständen nötig, weitere Änderungen vorzunehmen (Paas, Tuovinen, Tabbers & van Gerven, 2003; Paas & van Gog, 2006) und die Lerner dazu anzuhalten Aktivitäten mit lernbezogener Belastung auszuüben, wie zum Beispiel vermehrt Strategien einzusetzen. Gerade bei lernschwachen Schülern kann es nötig sein, solch eine strukturierende Unterstützung zu geben (Lauth & Mackowiak, 2006). Ob dies der Fall ist und wie solche Anpassungen aussehen müssen, ist in Anschlussstudien genauer zu untersuchen.

Obwohl sich Strategien bereits als wichtige Ressource erwiesen haben, die auch schwache Schüler beim Lernen entlasten kann (Lauth & Grünke, 2005), wurde dieser Aspekt in der vorliegenden Untersuchung ausgeklammert. Dies ist allerdings lediglich der kurzen Intervention geschuldet und soll nicht das Potenzial strategischen Lernens in Frage stellen. Auch seine Rolle soll daher in künftigen Studien untersucht werden. Werden ressourcenorientierte konventionellen Materialien in einer längeren Förder- oder Übungsphase gegenübergestellt, können Strategien in die Konzeption einbezogen und ihre Wirksamkeit evaluiert werden. Dies erfordert ein differenziertes Design, in dem Be- und Entlastungen, die durch Strategien entstehen (Krajewski & Ennemoser, 2010), erfasst und gegeneinander abgewogen werden müssen, um optimale Bedingungen für ihren Einsatz erarbeiten zu können. Im Sinne der Qualitätsforschung ist es wichtig, auch Interaktionen mit zusätzlichen potentiell moderierenden Faktoren, wie zum Beispiel der Lehrkraft, zu berücksichtigen (Ditton, 2010). Zudem ist die isolierte Untersuchung einzelner ganz spezifischer Übungsaufgaben wie im vorliegenden Fall lediglich als erster Schritt in einer Reihe von Studien zu betrachten, denn die Effekte sind selbstverständlich nicht auf alle Übungsformate generalisierbar, die ebenfalls belastende Elemente enthalten. Daher ist ein deutlich größerer Pool an Aufgaben empirisch zu prüfen. Zunehmend müssen Materialien auch in längeren Zeiträumen und im regulären Unterricht eingesetzt sowie weitere Bedingungsfaktoren berücksichtigt werden. Dazu gehört auch, die Aufgabenschwierigkeit stärker zu variieren, denn bei schwierigeren Aufgaben ist ein erhöhter Ressourcenbedarf zu erwarten.

Für die Praxis ist zunächst eine Sensibilisierung für ressourcenintensive Aspekte in Lernmaterialien und Entlastungspotentiale anzustreben. Kennen Lehrkräfte Möglichkeiten, die kognitive Belastung zu reduzieren, können sie einfacher selbst Material bewerten, geeignete Formate auswählen, erstellen oder weniger gelungene Aufgaben im Sinne einer ressourcenschonenden Gestaltung abändern. Insbesondere für Übungsphasen wäre es sinnvoll, einen Pool an ressourcenorientierten Formaten zu Verfügung zu stellen, der es ermöglicht, strukturgleiche Aufgaben für zahlreiche Inhalte zu generieren.



## 7 Literatur

- Alfieri, L., Brooks, P. J., Aldrich, N. J. & Tenenbaum, H. R. (2011). Does discovery-based instruction enhance learning? *Journal of Educational Psychology*, 103 (1), 1-18.
- Alloway, T. P. (2006). How does working memory work in the classroom? *Educational Research and Reviews*, 1 (4), 134–139.
- Alloway, T. P. (2007). *Automated working memory assessment (AMWA)*. London: Pearson Assessment.
- Alloway, T. P. (2009). Working memory, but not IQ, predicts subsequent learning in children with learning difficulties. *European Journal of Psychological Assessment*, 25 (2), 92–98.
- Alloway, T. P. & Alloway, R. G. (2010). Investigating the predictive roles of working memory and 5IQ6 in academic attainment. *Journal of Experimental Child Psychology*, 106 (1), 20–29.
- Alloway, T. P. & Gathercole, S. E. (2006). *Working memory and neurodevelopmental disorders*. Hove: Psychology Press.
- Archer, A. L. & Hughes, C. A. (2011). *Explicit instruction. Effective and efficient teaching*. New York: Guilford Press.
- Artelt, C. (1999). Lernstrategien und Lernerfolg - Eine handlungsnahe Studie. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 31 (2), 86–96.
- Artelt, C. (2006). Lernstrategien in der Schule. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 337–351). Göttingen: Hogrefe.
- Artelt, C., Schiefele, U., Schneider, W. & Stanat, P. (2002). Leseleistungen deutscher Schülerinnen und Schüler im internationalen Vergleich (PISA). *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 5 (1), 6–27.
- Atkinson, R. C. & Shiffrin, R. M. (1968). Chapter: Human memory: A proposed system and its control processes. In K. W. Spence & J. T. Spence (Hrsg.), *The psychology of learning and motivation* (S. 89–195). New York: Academic Press.
- Auernheimer, G. (Hrsg.). (2006). *Schief lagen im Bildungssystem*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

- Ayres, P. L. (1993). Why goal-free problems can facilitate learning. *Contemporary Educational Psychology*, 18 (3), 376–381.
- Ayres, P. (2006). Impact of reducing intrinsic cognitive load on learning in a mathematical domain. *Applied Cognitive Psychology*, 20 (3), 287–298.
- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. Oxford: University Press.
- Baddeley, A. D. (1996). Exploring the central executive. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* (49), 5–28.
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences* (4), 417–423.
- Baddeley, A. D. (2006). Working memory: An overview. In S. J. Pickering (Hrsg.), *Working memory and education* (S. 1–31). San Diego, CA: Academic Press.
- Baddeley, A. D. & Hitch, G. J. (1994). Developments in the concept of working memory. *Neuropsychology*, 8 (4), 485–493.
- Bannert, M. (2002). Managing cognitive load - recent trends in Cognitive Load Theory. *Learning and Instruction*, 12 (1), 139–146.
- Bannert, M. (2004). Designing metacognitive support for hypermedia learning. In R. Brünken, D. Leutner & H. Niegemann (Hrsg.), *Instructional design for multimedia learning. Proceedings of the 5th International Workshop of SIG 6 Instructional Design of the European Association for Research on Learning and Instruction (EARLI), June 27 - 29, 2002 in Erfurt* (S. 19–30). Münster: Waxmann.
- Berg, D. & Imhof, M. (2006). Aufmerksamkeit und Konzentration. In D. H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch pädagogische Psychologie* (3. Aufl., S. 45–53). Weinheim: Beltz, PVU.
- Berger, K. (2012). *Bilder, Animationen und Notizen. Empirische Untersuchung zur Wirkung einfacher visueller Repräsentationen und Notizen auf den Wissenserwerb in der Optik* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 136). Berlin: Logos.
- Berliner, D. C. & Calfee, R. C. (Hrsg.). (1996). *Handbook of educational psychology*. New York: Macmillan.
- Berti, S. (2010). Arbeitsgedächtnis: Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft eines theoretischen Konstruktes. *Psychologische Rundschau*, 61 (1), 3–9.

- Biedermann, J. (2005). Advancing the neuroscience of ADHD. Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: A selective overview. *Biological Psychiatry* (57), 1215–1220.
- Blum, W., Drüke-Noe, C., Leiß, D., Wiegand, B. & Jordan, A. (2005). Zur Rolle von Bildungsstandards für die Qualitätsentwicklung im Mathematikunterricht. *ZDM*, 37 (4), 267–274.
- Bobis, J., Sweller, J. & Cooper, M. (1993). Cognitive load effects in a primary-school geometry task. *Learning and Instruction*, 3 (1), 1–21.
- Bölsterli, K., Rehm, M. & Wilhelm, M. (2010). Die Bedeutung von Schulbüchern im kompetenzorientierten Unterricht-am Beispiel des Naturwissenschaftsunterrichts. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 28 (1), 138–146.
- Boneau, C. A. (1960). The effects of violations of assumptions underlying the t-test. *Psychological Bulletin* (57), 49–64.
- Born, A. & Oehler, C. (2009a). *Lernen mit ADS-Kindern. Ein Praxishandbuch für Eltern, Lehrer und Therapeuten* (7., aktualisierte Auflage). Stuttgart: Kohlhammer.
- Born, A. & Oehler, C. (2009b). *Lernen mit Grundschulkindern. Praktische Hilfen und erfolgreiche Fördermethoden für Eltern und Lehrer*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Bortz, J. (1999). *Statistik für Sozialwissenschaftler. Mit 247 Tabellen* (Springer-Lehrbuch5. Aufl.). Berlin [u.a.]: Springer.
- Bortz, J. & Schuster, C. (2010). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler* (Springer-Lehrbuch7. Aufl.). Berlin: Springer.
- Bransford, J., Brown, A. & Donovan, M. S. (Hrsg.). (2000). *How people learn. Brain, mind, experience, and school* (Expanded edition). Washington, DC: National Academy Press.
- Bremerich-Vos, A. (2008). Benjamin S. Bloom (und andere) revisited. In A. Bremerich-Vos, D. Granzer & O. Köller (Hrsg.), *Lernstandsbestimmung im Fach Deutsch. Gute Aufgaben für den Unterricht* (S. 29–49). Weinheim, Basel: Beltz.
- Bremerich-Vos, A., Granzer, D. & Köller, O. (Hrsg.). (2008). *Lernstandsbestimmung im Fach Deutsch. Gute Aufgaben für den Unterricht*. Weinheim, Basel: Beltz.

- Breslau, J., Miller, E., Breslau, N., Bohnert, K., Lucia, V. & Schweitzer, J. (2009). The impact of early behavior disturbances on academic achievement in high school. *PEDIATRICS*, 123 (6), 1472–1476.
- Broadbent, D. E. (1958). *Perception and communication*. London: Pergamon Press.
- Brünken, R., Koch, B. & Jänen, I. (2009). Pädagogisch-Psychologische Grundlagen. In M. Henninger & H. Mandl (Hrsg.), *Handbuch Medien- und Bildungsmanagement* (S. 91–106). Weinheim, Basel: Beltz.
- Brünken, R., Leutner, D. & Niegemann, H. (Hrsg.). (2004). *Instructional design for multimedia learning. Proceedings of the 5th International Workshop of SIG 6 Instructional Design of the European Association for Research on Learning and Instruction (EARLI), June 27 - 29, 2002 in Erfurt*. Münster: Waxmann.
- Brünken, R., Plass, J. L. & Leutner, D. (2003). Direct measurement of cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, 38 (1), 53–61.
- Büchter, A. & Leuders, T. (2007). *Mathematikaufgaben selbst entwickeln. Lernen fördern - Leistung überprüfen* (3. Aufl.). Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Bühner, M. (2006). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion*. München: Pearson.
- Burns, B. D. & Vollmeyer, R. (2002). Goal specificity effects on hypothesis testing in problem solving. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 55 (1), 241–261.
- Calsyn, R. J. & Kenny, D. A. (1977). Self-concept of ability and perceived evaluation of others: cause or effect of academic achievement? *Journal of Educational Psychology*, 69 (2), 136–145.
- Cantwell, D. P. & Baker, L. (1991). Association between attention deficit-hyperactivity disorder and learning disorders. *Journal of Learning Disabilities*, 24 (2), 88–95.
- Carroll, J. B. (1963). A model of school learning. *Teachers College Record* (64), 723–733.
- Chandler, P. & Sweller, J. (1991). Cognitive Load Theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction*, 8 (4), 293–332.
- Cooper, G. & Sweller, J. (1987). Effects of schema acquisition and rule automation on mathematical problem-solving transfer. *Journal of Educational Psychology*, 79 (4), 347–362.

- Cowan, N. (1995). *Attention and memory: An integrated framework*. New York: Oxford University Press.
- Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral Brain Sciences*, 24 (1), 87–114.
- de Jong, T. (2010). Cognitive Load Theory, educational research, and instructional design: Some food for thought. *Instructional Science*, 38 (2), 105–134.
- de Rammelaere, Stijn de, Stuyven, E. & Vandierendonck, A. (1999). The contribution of working memory resources in the verification of simple mental arithmetic sums. *Psychological Research* (62), 72–77.
- DeLeeuw, K. E. & Mayer, R. E. (2008). A comparison of three measures of cognitive load: Evidence for separable measures of intrinsic, extraneous, and germane load. *Journal of Educational Psychology*, 100 (1), 223–234.
- Dennis, I. & Tapsfield, P. (Hrsg.). (1996). *Human abilities. Their nature and measurement*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Ditton, H. (2010). Evaluation und Qualitätssicherung. In R. Tippelt (Hrsg.), *Handbuch Bildungsforschung* (3. Aufl., S. 607–623). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Doll, J., Frank, K., Fickermann, D. & Schwippert, K. (Hrsg.). (2012). *Schulbücher im Fokus. Nutzungen, Wirkungen und Evaluation*. Münster: Waxmann.
- Doll, J. & Rehfinger, A. (2012). Historische Forschungsstränge der Schulbuchforschung und aktuelle Beispiele empirischer Schulbuchwirkungsforschung. In J. Doll, K. Frank, D. Fickermann & K. Schwippert (Hrsg.), *Schulbücher im Fokus. Nutzungen, Wirkungen und Evaluation* (S. 19–42). Münster: Waxmann.
- Döpfner, M. (2002). Hyperkinetische Störungen. In F. Petermann (Hrsg.), *Lehrbuch der klinischen Kinderpsychologie und -psychotherapie* (5., korrigierte Auflage, S. 152–186). Göttingen: Hogrefe.
- Döpfner, M., Banaschewski, T. & Sonuga-Barke, E. (2008). Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörungen (ADHS). In F. Petermann (Hrsg.), *Lehrbuch der Klinischen Kinderpsychologie* (6., vollständig überarbeitete Auflage, S. 257–276). Göttingen: Hogrefe.

- Döpfner, M., Görtz-Dorten, A., Lehmkuhl, G., Breuer, D. & Goletz, H. (2008). *Diagnostik-System für psychische Störungen nach ICD-10 und DSM-IV für Kinder und Jugendliche-II. DISYPS-II*. Bern: Huber.
- Drieschner, E. (2010). Aufgaben als Schlüssel zur Kompetenzorientierung. *Die Grundschulzeitschrift*, 24 (237), 34–37.
- Eccles, J., Adler, T. F., Futterman, R., Goff, S. B., Kaczala, C. M., Meece, J. et al. (1983). Expectancies, values and academic behaviors. In J. T. Spence (Hrsg.), *Achievement and Achievement Motives* (S. 75–146). San Francisco: W. H. Freeman.
- Eccles, J. S. & Wigfield, A. (2002). Motivational beliefs, values, and goals. *Annual review of psychology*, 53 (1), 109–132.
- Einsiedler, W. (1997). Unterrichtsqualität und Leistungsentwicklung: Literaturüberblick. In F. E. Weinert & A. Helmke (Hrsg.), *Entwicklung im Grundschulalter* (S. 225–240). Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Ellis, A. E. (Hrsg.). (2000). *Proceedings of the Australasian Conference on Computing Education* (ACSE '00). New York: ACM.
- Ennemoser, M. & Diehl, M. (einger.). Leseverständnisförderung im Grundschulalter: Die Wirksamkeit verschiedener Lesestrategietrainings in Abhängigkeit der Dekodierfertigkeit.
- Ennemoser, M., Marx, P., Weber, J. & Schneider, W. (2012). Spezifische Vorläuferfertigkeiten der Lesegeschwindigkeit, des Leseverständnisses und des Rechtschreibens. Evidenz aus zwei Längsschnittstudien vom Kindergarten bis zur 4. Klasse. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 44 (2), 53–64.
- Faraone, S. V., Biedermann, J., Lehmann, B. K., Keenan, K., Norman, D., Seidmann, L. J. et al. (1993). Evidence for the independent familial transmission of attention deficit hyperactivity disorder and learning disabilities: Results from a family genetic study. *American Journal of Psychiatry*, 150 (6), 891–895.
- Fingerle, M. & Ellinger, S. (Hrsg.). (2008). *Sonderpädagogische Förderprogramme im Vergleich. Orientierungshilfen für die Praxis* (Heil- und Sonderpädagogik). Stuttgart: Kohlhammer.

- Friedrich, H. F. & Mandl, H. (2006). Lernstrategien: Zur Strukturierung des Forschungsfeldes. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 1–23). Göttingen: Hogrefe.
- Frommelt, P. & Lösslein, H. (Hrsg.). (2010). *Neurorehabilitation. Ein Praxisbuch für interdisziplinäre Teams* (3. Aufl.). Berlin: Springer.
- Gage, N. L. & Needles, M. C. (1989). Process-product research on teaching. A review of criticisms. *The Elementary School Journal* (3), 253–300.
- Gathercole, S. E. & Pickering, S. J. (2000). Assessment of working memory in six- and seven-year-old children. *Journal of Educational Psychology*, 92 (2), 377–390.
- Gold, A., Mokhesgerami, J., Rühl, K., Schreblowski, S. & Souvignier, E. (2004). *Wir werden Textdetektive. Lehrermanual und Arbeitsheft*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Gräsel, C. & Gniewosz, B. (2011). Überblick Lehr-Lernforschung. In H. Reinders, H. Ditton, C. Gräsel & B. Gniewosz (Hrsg.), *Empirische Bildungsforschung. Gegenstandsbereiche* (S. 15–20). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Greisbach, M. (Hrsg.). (1998). *Von der Lernbehindertenpädagogik zur Praxis schulischer Lernförderung*. Lengerich: Pabst.
- Grosche, M. & Grünke, M. (2011). Beeinträchtigungen in der phonologischen Informationsverarbeitung bei funktionalen Analphabeten. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 25 (4), 277–291.
- Grube, D. (2005). Entwicklung des Rechnens im Grundschulalter. In M. Hasselhorn, H. Marx & W. Schneider (Hrsg.), *Diagnostik von Mathematikleistungen* (Tests und Trends, Bd. 4, S. 105–124). Göttingen: Hogrefe.
- Grube, D. & Barth, U. (2004). Rechenleistung bei Grundschulern. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 18 (3-4), 245–248.
- Grube, D. & Hasselhorn, M. (2006). Längsschnittliche Analysen zur Lese-, Rechtschreib- und Mathematikleistung im Grundschulalter: zur Rolle von Vorwissen, Intelligenz, phonologischem Arbeitsgedächtnis und phonologischer Bewusstheit. In I. Hosenfeld & F.-W. Schrader (Hrsg.), *Schulische Leistung. Grundlagen, Bedingungen, Perspektiven* (S. 87–105). Münster: Waxmann.

- Grünke, M. (2006). Zur Effektivität von Fördermethoden bei Kindern und Jugendlichen mit Lernstörungen. *Kindheit und Entwicklung*, 15 (4), 239–254.
- Grünke, M. (2008). Offener Unterricht und Projektunterricht. In M. Fingerle & S. Ellinger (Hrsg.), *Sonderpädagogische Förderprogramme im Vergleich. Orientierungshilfen für die Praxis* (Heil- und Sonderpädagogik, S. 13–33). Stuttgart: Kohlhammer.
- Guay, F., Marsh, H. W. & Boivin, M. (2003). Academic self-concept and academic achievement: developmental perspectives on their causal ordering. *Journal of Educational Psychology*, 95 (1), 124–136.
- Hamilton, B. L. (1977). An empirical investigation of the effects of heterogeneous regression slopes. *Educational and Psychological Measurement* (37), 701–712.
- Hanania, R. & Smith, L. B. (2010). Selective attention and attention switching: Towards a unified developmental approach. *Developmental Science*, 13 (4), 622–635.
- Harber, J. R. (1980). Effects of illustrations on reading performance: Implications for further LD research. *Learning Disability Quarterly*, 3 (2), 60–70.
- Harber, J. R. (1983). The effects of illustrations on the reading performance of learning disabled and normal children. *Learning Disability Quarterly*, 6 (1), 55–60.
- Harp, S. F. & Mayer, R. E. (1997). The role of interest in learning from scientific text and illustrations: On the distinction between emotional interest and cognitive interest. *Journal of Educational Psychology*, 89 (1), 92–102.
- Harp, S. F. & Mayer, R. E. (1998). How seductive details do their damage: A theory of cognitive interest in science learning. *Journal of Educational Psychology*, 90 (3), 414–434.
- Hasselhorn, M. (1992). Metakognition und Lernen. In G. Nold (Hrsg.), *Lernbedingungen und Lernstrategien. Welche Rolle spielen kognitive Verstehensstrukturen?* (S. 35–63). Tübingen: Narr.
- Hasselhorn, M. & Gold, A. (2009). *Pädagogische Psychologie. Erfolgreiches Lehren und Lernen* (2. Aufl.). Stuttgart: Kohlhammer.
- Hasselhorn, M. & Grube, D. (2003). Das Arbeitsgedächtnis: Funktionsweise, Entwicklung und Bedeutung für kognitive Leistungsstörungen. *Sprache - Stimme - Gehör* (27), 31–37.



- Hasselhorn, M., Mähler, C., Grube, D., Büttner, G. & Gold, A. (2010). Die Rolle von Gedächtnisdefiziten bei der Entstehung schulischer Lern- und Leistungsstörungen. In H.-P. Trollenier, W. Lenhard & P. Marx (Hrsg.), *Brennpunkte der Gedächtnisforschung* (S. 247–262). Göttingen: Hogrefe.
- Hasselhorn, M., Marx, H. & Schneider, W. (Hrsg.). (2005). *Diagnostik von Mathematikleistungen* (Tests und Trends, Bd. 4). Göttingen: Hogrefe.
- Hasselhorn, M., Schuchardt, K. & Mähler, C. (2010). Phonologisches Arbeitsgedächtnis bei Kindern mit diagnostizierter Lese- und/oder Rechtschreibstörung. Zum Einfluss von Wortlänge und Lexikalität auf die Gedächtnisspanne. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 42 (4), 211–216.
- Hasselhorn, M., Schumann-Hengsteler, R., Gronauer, J., Grube, D., Mähler, C., Schmid, I. et al. (2012). *AGTB 5-12. Arbeitsgedächtnistestbatterie für Kinder von 5 bis 12 Jahren*. Göttingen: Hogrefe.
- Hattie, J. (2009). *Visible learning. A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. London: Routledge.
- Hattie, J., Biggs, J. & Purdie, N. (1996). Effects of learning skills interventions on student learning: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 66 (2), 99–136.
- Helmke, A. (2002). Kommentar: Unterrichtsqualität und Unterrichtsklima: Perspektiven und Sackgassen. *Unterrichtswissenschaft - Zeitschrift für Lernforschung* (3), 261–277.
- Helmke, A. & Renkl, A. (1992). Das Münchner Aufmerksamkeitsinventar (MAI): Ein Instrument zur systematischen Verhaltensbeobachtung der Schüleraufmerksamkeit im Unterricht. *Diagnostica* (38), 130–141.
- Helmke, A. & Weinert, F. E. (1997). Bedingungsfaktoren schulischer Leistungen. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Psychologie des Unterrichts und der Schule* (Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich D, Praxisgebiete, Serie I, Pädagogische Psychologie, Bd. 3, S. 71–176). Göttingen: Hogrefe.
- Henninger, M. & Mandl, H. (Hrsg.). (2009). *Handbuch Medien- und Bildungsmanagement*. Weinheim, Basel: Beltz.
- Hosenfeld, I. & Schrader, F.-W. (Hrsg.). (2006). *Schulische Leistung. Grundlagen, Bedingungen, Perspektiven*. Münster: Waxmann.

- Ise, E., Engel, R. R. & Schulte-Körne, G. (2012). Was hilft bei der Lese-Rechtschreibstörung? *Kindheit und Entwicklung*, 21 (2), 122–136.
- Jamieson, J. (2004). Analysis of covariance (ANCOVA) with difference scores. *International Journal of Psychophysiology* (52), 277–283.
- Kalyuga, S. (2005). Prior knowledge principle. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (S. 325–337). Cambridge: Cambridge University Press.
- Kalyuga, S. (2007). Expertise reversal effect and its implications for learner-tailored instruction. *Educational Psychology Review*, 19 (4), 509–539.
- Kalyuga, S., Ayres, P., Chandler, P. & Sweller, J. (2003). The expertise reversal effect. *Educational Psychologist*, 38 (1), 23–31.
- Kalyuga, S., Chandler, P. & Sweller, J. (1998). Levels of expertise and instructional design. *Human Factors*, 40 (1), 1–17.
- Keller, K. H. & Pfaff, P. (2010). *Das Übungsheft. Denk- und Rechenttraining für Klasse 2*. Offenburg: Mildenberger.
- Kibby, M. Y., Marks, W., Morgan, S. & Long, C. J. (2004). Specific impairment in developmental reading disabilities: A working memory approach. *Journal of Learning Disabilities*, 37 (4), 349–363.
- Kiper, H., Meints, W., Peters, S., Schlump, S. & Schmit, S. (Hrsg.). (2010). *Lernaufgaben und Lernmaterialien im kompetenzorientierten Unterricht*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Kirschner, P. A. (2002). Cognitive Load Theory: implications of cognitive load theory on the design of learning. *Learning and Instruction*, 12 (1), 1–10.
- Kirschner, P. A., Sweller, J. & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41 (2), 75–86.
- Klauer, K. J. (Hrsg.). (2001). *Handbuch Kognitives Training* (2. Auflage). Göttingen: Hogrefe.
- Konrad, M., Helf, S. & Joseph, L. M. (2011). Evidence-based instruction is not enough: Strategies for increasing instructional efficiency. *Intervention in School and Clinic*, 47 (2), 67–74.

- Köster, J., Lütgert, W. & Creutzburg, J. (2004). *Aufgabenkultur und Lesekompetenz. Deutschdidaktische Positionen*. Frankfurt am Main: Peter Lang.
- Krajewski, K. *Vorhersage von Rechenschwäche in der Grundschule*. Hamburg: Kovač.
- Krajewski, K. & Ennemoser, M. (2010). Die Berücksichtigung begrenzter Arbeitsgedächtnisressourcen in Unterricht und Lernförderung. In H.-P. Trollenier, W. Lenhard & P. Marx (Hrsg.), *Brennpunkte der Gedächtnisforschung* (S. 337–365). Göttingen: Hogrefe.
- Krajewski, K. & Schneider, W. (2006). Mathematische Vorläuferfertigkeiten im Vorschulalter und ihre Vorhersagekraft für die Mathematikleistungen bis zum Ende der Grundschulzeit. *Psychologie in Erziehung und Unterricht* (4), 246–262.
- Kroesbergen, E. H. & van Luit, J. E. H. (2002). Teaching multiplication to low math performers: Guided versus structured instruction. *Instructional Science*, 30 (5), 361–378.
- Kron-Sperl, V., Schneider, W. & Hasselhorn, M. (2008). The development and effectiveness of memory strategies in kindergarten and elementary school: Findings from the Würzburg and Göttingen longitudinal memory studies. *Cognitive Development*, 23 (1), 79–104.
- Kyllonen, P. C. (1996). Is working memory capacity Spearman's g? In I. Dennis & P. Tapsfield (Hrsg.), *Human abilities. Their nature and measurement* (S. 49–75). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- LaBerge, D. & Samuels, S. J. (1974). Toward a theory of automatic information processing in reading. *Cognitive Psychology*, 6 (2), 293–323.
- Lauth, G. & Grünke, M. (2005). Interventionen bei Lernstörungen. *Monatsschrift für Kinderheilkunde* (153), 640–648.
- Lauth, G. W. & Mackowiak, K. (2004). Unterrichtsverhalten von Kindern mit Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörungen. *Kindheit und Entwicklung*, 13 (3), 158–166.
- Lauth, G. W. & Mackowiak, K. (2006). Lernstörungen. *Kindheit und Entwicklung*, 15 (4), 199–207.
- Lauth, G. W. & Schlottke, P. F. (2009). *Training mit aufmerksamkeitsgestörten Kindern* (6. vollständig überarbeitete Auflage). Weinheim: Beltz.

- Leung, M., Low, R. & Sweller, J. (1997). Learning from equations or words. *Instructional Science*, 25 (1), 37–70.
- Liebers, K. (2008). *Der Schulstart der Kinder in der FLEX aus der Perspektive der Kinder - Kinderbefragung 2005*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Lienert, G. A. & Raatz, U. (1994). *Testaufbau und Testanalyse* (5. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Low, R. & Sweller, J. (2005). The modality principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (S. 147–158). Cambridge: Cambridge University Press.
- Mähler, C. & Hasselhorn, M. (2001). Lern- und Gedächtnistraining bei Kindern. In K. J. Klauer (Hrsg.), *Handbuch Kognitives Training* (2. Auflage, S. 407–429). Göttingen: Hogrefe.
- Mähler, C. & Hasselhorn, M. (2002, September). *Automatische Aktivierung der phonologischen Schleife bei lernbehinderten Kindern und Erwachsenen. Vortrag auf dem 43. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychologie, Berlin.*
- Mandl, H. & Friedrich, H. F. (Hrsg.). (2006). *Handbuch Lernstrategien*. Göttingen: Hogrefe.
- Marcus, N., Cooper, M. & Sweller, J. (1996). Understanding instructions. *Journal of Educational Psychology* (88), 49–63.
- Martschinke, S. & Kammermeyer, G. (2006). Selbstkonzept, Lernfreude und Leistungsangst und ihr Zusammenspiel im Anfangsunterricht. In A. Schröder-Lenzen (Hrsg.), *Risikofaktoren kindlicher Entwicklung* (S. 125–139). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Marx, H. (1985). *Aufmerksamkeitsverhalten und Leseschwierigkeiten* (Ergebnisse der pädagogischen Psychologie, Bd. 2). Weinheim: VCH.
- Mayer, R. E. (Hrsg.). (2005). *The Cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, 38 (1), 43–52.
- Mayer, R. E. & Moreno, R. (2010). Techniques that reduce extraneous cognitive load. In J. L. Plass, R. Moreno & R. Brünken (Hrsg.), *Cognitive Load Theory* (S. 131–152). Cambridge, New York: Cambridge University Press.

- McGrath, L. M., Pennington, B. F., Shanahan, M. A., Santerre-Lemmon, L. E., Barnard, H. D., Willcutt, E. G. et al. (2011). A multiple deficit model of reading disability and attention-deficit/hyperactivity disorder: searching for shared cognitive deficits. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 52 (5), 547–557.
- Merrell, C. & Tymms, P. B. (2001). Inattention, hyperactivity and impulsiveness: Their impact on academic achievement and progress. *British Journal of Educational Psychology*, 71 (1), 43–56.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review* (63), 81–97.
- Miller, G. A. & Chapman, J. P. (2001). Misunderstanding analysis of covariance. *Journal of Abnormal Psychology*, 110 (1), 40–48.
- Miyake, A. & Shah, P. (Hrsg.). (1999). *Models of working memory. Mechanisms of active maintenance and executive control*. Cambridge, New York: Cambridge University Press.
- Möller, J. & Trautwein, U. (2009). Selbstkonzept. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 179–203). Berlin: Springer.
- Moreno, R. & Park, B. (2010). Cognitive Load Theory: Historical development and relation to other theories. In J. L. Plass, R. Moreno & R. Brünken (Hrsg.), *Cognitive Load Theory* (S. 9–28). Cambridge, New York: Cambridge University Press.
- Naumann, K. & Lauth, G. W. (2008). Konzentrations- und Aufmerksamkeitsförderung. In W. Schneider & M. Hasselhorn (Hrsg.), *Handbuch der Pädagogischen Psychologie* (Handbuch der Psychologie, Bd. 10, S. 404–415). Göttingen: Hogrefe.
- Neisser, U. (1976). *Cognition psychology*. New York: Appleton.
- Neumann, O. (1996). Theorien der Aufmerksamkeit. In O. Neumann & A. F. Sanders (Hrsg.), *Aufmerksamkeit* (Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich C, Theorie und Forschung, Serie II, Kognition, Bd. 2, S. 559–644). Göttingen: Hogrefe.
- Neumann, O. & Sanders, A. F. (Hrsg.). (1996). *Aufmerksamkeit* (Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich C, Theorie und Forschung, Serie II, Kognition, Bd. 2). Göttingen: Hogrefe.

- Niegemann, H. M. (2009). Instructional Design. In M. Henninger & H. Mandl (Hrsg.), *Handbuch Medien- und Bildungsmanagement* (S. 356–370). Weinheim, Basel: Beltz.
- Niemann, P. & Gauggel, S. (2010). Störungen der Aufmerksamkeit. In P. Frommelt & H. Lösslein (Hrsg.), *Neurorehabilitation. Ein Praxisbuch für interdisziplinäre Teams* (3. Aufl., S. 145–170). Berlin: Springer.
- Nold, G. (Hrsg.). (1992). *Lernbedingungen und Lernstrategien. Welche Rolle spielen kognitive Verstehtungsstrukturen?* Tübingen: Narr.
- Owen, E. & Sweller, J. (1985). What do students learn while solving mathematics problems? *Journal of Educational Psychology*, 77 (3), 272–284.
- Owen, E. & Sweller, J. (1989). Should problem solving be used as a learning device in mathematics? *Journal for Research in Mathematics Education*, 20 (3), 322–328.
- Paas F., Touvinen, J., Tabbers, H. & van Gerven, P. W. M. (2003). Cognitive load measurement as a means to advance Cognitive Load Theory. *Educational Psychologist*, 38 (1), 63–71.
- Paas, F. G. W. C. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology*, 84 (4), 429–434.
- Paas, F., Renkl, A. & Sweller, J. (2003). Cognitive Load Theory and instructional design: Recent developments. *Educational Psychology Review* (38), 1–4.
- Paas, F., Renkl, A. & Sweller, J. (2004). Cognitive Load Theory: Instructional implications of the interaction between information structures and cognitive architecture. *Instructional Science*, 32 (1-2), 1–8.
- Paas, F., Tuovinen, J. E., Merriënboer, Jeroen J. G. & Darabi, A. A. (2005). A motivational perspective on the relation between mental effort and performance: Optimizing learner involvement in instruction. *Educational Technology Research and Development*, 53 (3), 25–34.
- Paas, F. & van Gog, T. (2006). Optimising worked example instruction: Different ways to increase germane cognitive load. *Learning and Instruction*, 16 (2), 87–91.
- Passolunghi, M. C. & Siegel, L. S. (2004). Working memory and access to numerical information in children with disability in mathematics. *Journal of Experimental Child Psychology* (88), 348–367.

- Peek, R. & Neumann, A. (2006). Schulische und unterrichtliche Prozessvariablen in internationalen Schulleistungsstudien. In G. Auernheimer (Hrsg.), *Schieflagen im Bildungssystem* (S. 125–143). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Petermann, F. (Hrsg.). (2000). *Lehrbuch der Klinischen Kinderpsychologie und-psychotherapie* (4., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage). Göttingen: Hogrefe.
- Petermann, F. (Hrsg.). (2002). *Lehrbuch der klinischen Kinderpsychologie und -psychotherapie* (5., korrigierte Auflage). Göttingen: Hogrefe.
- Petermann, F. (Hrsg.). (2008). *Lehrbuch der Klinischen Kinderpsychologie* (6., vollständig überarbeitete Auflage). Göttingen: Hogrefe.
- Petermann, F. & Petermann, U. (2007). *Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Kinder - IV (HAWIK-IV)* (2. Aufl.). Bern: Huber.
- Peterson, L. & Peterson, M. J. (1959). Short-term retention of individual verbal items. *Journal of Experimental Psychology*, 58 (3), 193–198.
- Pickering, S. J. (Hrsg.). (2006). *Working memory and education*. San Diego, CA: Academic Press.
- Plass, J. L., Kalyuga, S. & Leutner, D. (2010). Individual differences and Cognitive Load Theory. In J. L. Plass, R. Moreno & R. Brünken (Hrsg.), *Cognitive Load Theory* (S. 65–87). Cambridge, New York: Cambridge University Press.
- Plass, J. L., Moreno, R. & Brünken, R. (Hrsg.). (2010). *Cognitive Load Theory*. Cambridge, New York: Cambridge University Press.
- Polderman, T. J. C., Boomsma, D. I., Bartels, M., Verhulst, F. C. & Huizink, A. C. (2010). A systematic review of prospective studies on attention problems and academic achievement. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 122 (4), 271–284.
- Pollock, E., Chandler, P. & Sweller, J. (2002). Assimilating complex information. *Learning and Instruction* (12), 61–86.
- Pressley, M. (1994). Embracing the complexity of individual differences in cognition: Studying good information processing and how it might develop. *Learning and Individual Differences*, 6 (3), 259–284.

- Pressley, M., Borkowski, J. G. & Schneider, W. (1989). Good information processing: What it is and how education can promote it. *International Journal of Educational Research*, 13 (8), 857–867.
- Randhawa, E. (2012). *Das frühkindliche Selbstkonzept: Struktur, Entwicklung, Korrelate und Einflussfaktoren*. Dissertation, Pädagogische Hochschule Heidelberg.
- Rasch, T. & Schnotz, W. (2006). Lernen ermöglichen - Lernen erleichtern: Was die Cognitive Load Theorie (wirklich) empfiehlt. In I. Hosenfeld & F.-W. Schrader (Hrsg.), *Schulische Leistung. Grundlagen, Bedingungen, Perspektiven* (S. 183–204). Münster: Waxmann.
- Rauer, W. & Schuck, K. D. (2004). *Fragebogen zur Erfassung emotionaler und sozialer Schulerfahrungen von Grundschulkindern erster und zweiter Klassen. FEES 1 - 2 ; Manual* (Deutsche Schultests). Göttingen: Beltz.
- Reinders, H., Ditton, H., Gräsel, C. & Gniewosz, B. (Hrsg.). (2011). *Empirische Bildungsforschung. Gegenstandsbereiche*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Renkl, A., Gruber, H., Weber, S., Lerche, T. & Schweizer, K. (2003). Cognitive Load beim Lernen aus Lösungsbeispielen. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 17 (2), 93–101.
- Richter, S. (2009). *Gestaltung von Lernaufgaben unter entscheidungstheoretischer Perspektive. Entwicklung des Designmodells SEGLER*. Dissertation, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br.
- Ricken, G., Fritz, A. & Hofmann, C. (Hrsg.). (2003). *Diagnose: Sonderpädagogischer Förderbedarf*. Lengerich: Pabst Science Publishers.
- Rieber, R. W. & Carton, A. S. (Hrsg.). (1987). *The collected works of L. S. Vygotsky* (Cognition and language, Vol. I: Problems of general psychology). New York, NY: Plenum Press.
- Rogosa, D. (1980). Comparing Nonparallel Regression Lines. *Psychological Bulletin* (38), 307–321.
- Roos, J. & Schöler, H. (Hrsg.). (2009). *Entwicklung des Schriftspracherwerbs in der Grundschule. Längsschnittanalyse zweier Kohorten über die Grundschulzeit*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.



- Roos, J. & Schöler, H. (2009). Unterrichtsexpertise und Rechtschreibleistungen. In J. Roos & H. Schöler (Hrsg.), *Entwicklung des Schriftspracherwerbs in der Grundschule. Längsschnittanalyse zweier Kohorten über die Grundschulzeit* (S. 163–205). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Rost, D. H. (Hrsg.). (2006). *Handwörterbuch pädagogische Psychologie* (3. Aufl.). Weinheim: Beltz, PVU.
- Ruland, A., Willmes, K. & Günther, T. (2012). Zusammenhang zwischen Aufmerksamkeitsdefiziten und Lese-Rechtschreibschwäche. *Kindheit und Entwicklung*, 21 (1), 57–63.
- Samuels, S. (1970). Effects of pictures on learning to read, comprehension and attitudes. *Review of Educational Research* (40), 397–407.
- Sawilowsky, S. S. & Blair, R. C. (1992). A more realistic look at the robustness and type II error properties of the t test to departures from population normality. *Psychological Bulletin* (111), 352–360.
- Scheerens, J. (1997). Conceptual models and theory-embedded principles on effective schooling. *School effectiveness and school improvement*, 8 (3), 269–310.
- Scheerens, J. & Bosker, R. J. (1997). *The foundations of educational effectiveness*. Oxford, New York: Pergamon.
- Schlack, R., Hölling, H., Kurth, B.-M. & Huss, M. (2007). Die Prävalenz der Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS) bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland. *Bundesgesundheitsblatt (Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz)*, 50 (5-6), 827–835.
- Schneider, W. (1993). Domain-specific knowledge and memory performance in children. *Educational Psychology Review*, 5 (3), 257–273.
- Schneider, W. & Hasselhorn, M. (Hrsg.). (2008). *Handbuch der Pädagogischen Psychologie* (Handbuch der Psychologie, Bd. 10). Göttingen: Hogrefe.
- Schneider, W. & Näslund, J. C. (1993). The impact of early metalinguistic competencies and memory capacity on reading and spelling in elementary school: Results of the Munich Longitudinal Study on the Genesis of Individual Competencies (LOGIC). *European Journal of Psychology of Education*, 8 (3), 273–287.

- Schnotz, W. & Kürschner, C. (2007). A reconsideration of cognitive load theory. *Educational Psychology Review* (19), 469–508.
- Schöne, C., Dickhäuser, O., Spinath, B. & Stiensmeier-Pelster, J. (2002). Das Fähigkeitsselbstkonzept und seine Erfassung. In J. Stiensmeier-Pelster & F. Rheinsberg (Hrsg.), *Diagnostik von Motivation und Selbstkonzept* (S. 3–14). Göttingen: Hogrefe.
- Schründer-Lenzen, A. (Hrsg.). (2006). *Risikofaktoren kindlicher Entwicklung*: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Schuchardt, K. (2008). *Arbeitsgedächtnis und Lernstörungen. Differenzielle Analysen der Funktionstüchtigkeit des Arbeitsgedächtnisses bei Kindern mit Lernstörungen*. Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen.
- Schuchardt, K., Kunze, J., Grube, D. & Hasselhorn, M. (2006). Arbeitsgedächtnisdefizite bei Kindern mit schwachen Rechen- und Schriftsprachleistungen. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 20 (4), 261–268.
- Schulte-Körne, G., Remschmidt, H. & Warnke, A. (1991). Selektive visuelle Aufmerksamkeit und Daueraufmerksamkeit bei legasthenen Kindern. Eine experimentelle Untersuchung. *Zeitschrift für Kinder- und Jugendpsychiatrie*, 19 (2), 99–106.
- Schumann-Hengsteler, R., Grube, D., Zoelch, C., Mähler, C., Seitz-Stein, K., Schmid, I. et al. (2010). Differentialdiagnostik der Funktionstüchtigkeit des Arbeitsgedächtnisses bei Kindern mit der AGTB 5-12. In H.-P. Trollenier, W. Lenhard & P. Marx (Hrsg.), *Brennpunkte der Gedächtnisforschung* (S. 305–319). Göttingen: Hogrefe.
- Schweizer, K. (Hrsg.). (2006). *Leistung und Leistungsdiagnostik*: Springer.
- Seitz, K. & Schumann-Hengsteler, R. (2000). Mental multiplication and working memory. *European Journal of Cognitive Psychology*, 12 (4), 552–570.
- Seufert, T. (2003). Supporting coherence formation in learning from multiple representations. *Learning and Instruction*, 13 (2), 227–237.
- Shuell, T. J. (1996). Teaching and learning in a classroom context. In D. C. Berliner & R. C. Calfee (Hrsg.), *Handbook of educational psychology* (S. 726–764). New York: Macmillan.

- Sinner, D., Hartung, N., Pepouna, S. & Ennemoser, M. (2011, September). *Kann der Einfluss des Arbeitsgedächtnisses auf die Entwicklung der phonologischen Bewusstheit durch ein inhaltspezifisches Training egalisiert werden?* Vortrag gehalten auf der 13. Fachgruppentagung Pädagogische Psychologie der DGPS, Erfurt.
- Slavin, R. E. (1984). Component building: A strategy for research-based instructional improvement. *Elementary School Journal*, 84 (3), 254–269.
- Slavin, R. E. (1994). Quality, appropriateness, incentive, and time: A model of instructional effectiveness. *International Journal of Educational Research*, 21 (2), 141–157.
- Smith, E. E. & Jonides, J. (1997). Working memory: A view from neuroimaging. *Cognitive Psychology* (33), 5–42.
- Snow, R. E. (1977). Individual differences and instructional theory. *Educational Researcher*, 6 (10), 11–15.
- Souvignier, E. (2003). Instruktion bei Lernschwierigkeiten. In G. Ricken, A. Fritz & C. Hofmann (Hrsg.), *Diagnose: Sonderpädagogischer Förderbedarf* (S. 402–415). Lengerich: Pabst Science Publishers.
- Souvignier, E. & Gold, A. (2006). Wirksamkeit von Lehrmethoden. In K. Schweizer (Hrsg.), *Leistung und Leistungsdiagnostik* (S. 146–166). Springer.
- Spence, J. T. (Hrsg.). (1983). *Achievement and Achievement Motives*. San Francisco: W. H. Freeman.
- Spence, K. W. & Spence, J. T. (Hrsg.). (1968). *The psychology of learning and motivation*. New York: Academic Press.
- Steinmayr, R., Ziegler, M. & Träuble, B. (2010). Do intelligence and sustained attention interact in predicting academic achievement? *Learning and Individual Differences*, 20 (1), 14–18.
- Stevens, J. (1999). *Intermediate statistics. A modern approach* (2. Aufl.). Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Stiensmeier-Pelster, J. & Rheinsberg, F. (Hrsg.). (2002). *Diagnostik von Motivation und Selbstkonzept*. Göttingen: Hogrefe.
- Sturm, W. (2005). *Aufmerksamkeitsstörungen* (Fortschritte der Neuropsychologie, Bd. 4). Göttingen: Hogrefe.

- Swanson, H. L. (1999). Reading comprehension and working memory in learning-disabled readers: Is the phonological loop more important than the executive system? *Journal of Experimental Child Psychology*, 72 (1), 1–31.
- Swanson, H. L., Zheng, X. & Jerman, O. (2009). Working memory, short-term memory, and reading disabilities: a selective meta-analysis of the literature. *Journal of Learning Disabilities*, 42 (3), 260–287.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12 (1), 257–285.
- Sweller, J. (1989). Cognitive technology: Some procedures for facilitating learning and problem solving in mathematics and science. *Journal of Educational Psychology* (81), 457–466.
- Sweller, J. (1994). Cognitive Load Theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction*, 4 (4), 295–312.
- Sweller, J. (2004). Instructional design consequences of an analogy between evolution by natural selection and human cognitive architecture. *Instructional Science* (32), 9–31.
- Sweller, J. (2005). Implications of Cognitive Load Theory for multimedia learning. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (S. 19–30). Cambridge: Cambridge University Press.
- Sweller, J. (2005). The redundancy principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (S. 159–167). Cambridge: Cambridge University Press.
- Sweller, J. (2006). The worked example effect and human cognition. *Learning and Instruction*, 16 (2), 165–169.
- Sweller, J. (2010). Cognitive Load Theory: Recent theoretical advances. In J. L. Plass, R. Moreno & R. Brünken (Hrsg.), *Cognitive Load Theory* (S. 29–47). Cambridge, New York: Cambridge University Press.
- Sweller, J., Ayres, P. L., Kalyuga, S. & Chandler, P. (2003). The expertise reversal effect. *Educational Psychologist*, 28 (1), 23–31.

- Sweller, J. & Chandler, P. (1991). Evidence for Cognitive Load Theory. *Cognition and Instruction*, 8 (4), 351–362.
- Sweller, J. & Chandler, P. (1994). Why some material is difficult to learn. *Cognition and Instruction*, 12 (3), 185–233.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G. & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10 (3), 251–296.
- Terhart, E. (2002). Fremde Schwestern. Zum Verhältnis von Allgemeiner Didaktik und empirischer Lehr-Lern-Forschung. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 16 (2), 77–86.
- Thonhauser, J. (Hrsg.). (2008). *Aufgaben als Katalysatoren von Lernprozessen. Eine zentrale Komponente organisierten Lehrens und Lernens aus der Sicht von Lernforschung, allgemeiner Didaktik und Fachdidaktik*. Münster: Waxmann.
- Tippelt, R. (Hrsg.). (2010). *Handbuch Bildungsforschung* (3. Aufl.). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Treffinger, D. J. (1977). *Handbook on teaching educational psychology*. New York: Academic Press.
- Trolldenier, H.-P., Lenhard, W. & Marx, P. (Hrsg.). (2010). *Brennpunkte der Gedächtnisforschung*. Göttingen: Hogrefe.
- Tücke, M. & Schnittger-Bähr, K.-T. (1998). Helfen Bilder beim Lesenlernen? In M. Greisbach (Hrsg.), *Von der Lernbehindertenpädagogik zur Praxis schulischer Lernförderung* (S. 305–321). Lengerich: Pabst.
- Tuovinen, J. E. (2000). Optimising student cognitive load in computer education. In A. E. Ellis (Hrsg.), *Proceedings of the Australasian Conference on Computing Education (ACSE '00*, S. 235–241). New York: ACM.
- Valcke, M. (2002). Cognitive load: Updating the theory? *Learning and Instruction* (12), 147–154.
- van Kraayenoord, Christina E. & Schneider, W. E. (1999). Reading achievement, metacognition, reading self-concept and interest: A study of German students in grades 3 and 4. *European Journal of Psychology of Education*, 14 (3), 305–324.

- van Merriënboer, J. J. G. & Ayres, P. (2005). Research on Cognitive Load Theory and its design implications for e-learning. *Educational Technology Research and Development*, 53 (3), 5–13.
- van Merriënboer, J. J. G. & Kester, L. (2005). The Four-Component Instructional Design Model: Multimedia principles in environments for complex learning. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (S. 71–93). Cambridge: Cambridge University Press.
- van Merriënboer, J. J. G., Kester, L. & Paas, F. (2006). Teaching complex rather than simple tasks: Balancing intrinsic and germane load to enhance transfer of learning. *Applied Cognitive Psychology*, 20 (3), 343–352.
- van Merriënboer, J. J. G. & Sweller, J. (2005). Cognitive Load Theory and complex learning: Recent developments and future directions. *Educational Psychology Review*, 17 (2), 147–177.
- von Aster, M., Schweiter, M. & Weinhold Zulauf, M. (2007). Rechenstörungen bei Kindern. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 39 (2), 85–96.
- Vygotsky, L. S. (1987). Thinking and speech. In R. W. Rieber & A. S. Carton (Hrsg.), *The collected works of L. S. Vygotsky* (Cognition and language, Vol. I: Problems of general psychology, S. 39–285). New York, NY: Plenum Press.
- Walther, P. & Ellinger, S. (2008). Effektivität von Förderprogrammen bei Aufmerksamkeitsstörung und Hyperaktivität (ADS/ADHS). In M. Fingerle & S. Ellinger (Hrsg.), *Sonderpädagogische Förderprogramme im Vergleich. Orientierungshilfen für die Praxis* (Heil- und Sonderpädagogik, S. 157–192). Stuttgart: Kohlhammer.
- Wang, S. & Gathercole, S. E. (2013). Working memory deficits in children with reading difficulties: Memory span and dual task coordination. *Journal of Experimental Child Psychology* (115), 188–197.
- Warnke, A. & Roth, E. (2000). Umschriebene Lese-Rechtschreibstörung. In F. Petermann (Hrsg.), *Lehrbuch der Klinischen Kinderpsychologie und-psychotherapie* (4., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, S. 453–476). Göttingen: Hogrefe.

- Weinert, F. E. (Hrsg.). (1997). *Psychologie des Unterrichts und der Schule* (Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich D, Praxisgebiete, Serie I, Pädagogische Psychologie, Bd. 3). Göttingen: Hogrefe.
- Weinert, F. E. & Helmke, A. (Hrsg.). (1997). *Entwicklung im Grundschulalter*. Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Wetter, E. (1999). *Übung macht den Meister. Ein Rechtschreib-Übungsheft mit klassenbezogener Lernwörterammlung* (2. Aufl.). Offenburg: Mildenberger.
- Wigfield, A. (1994). Expectancy-value theory of achievement motivation: A developmental perspective. *Educational Psychology Review*, 6 (1), 49–78.
- Wild, E. & Möller, J. (Hrsg.). (2009). *Pädagogische Psychologie*. Berlin: Springer.
- Willcutt, E. G., Doyle, A. E., Nigg, J. T., Faraone, S. V. & Pennington, B. F. (2005). Validity of the executive function theory of attention-deficit/hyperactivity disorder: a meta-analytic review. *Biological Psychiatry*, 57 (11), 1336–1346.
- Wirth, J., Küsting, J. & Leutner, D. (2009). The impact of goal specificity and goal type on learning outcome and cognitive load. *Computers in Human Behavior*, 25 (2), 299–305.
- Zander, S. (2010). *Motivationale Lernervoraussetzungen in der Cognitive Load Theory. Zwei Studien zum Einfluss motivationaler Lernervoraussetzungen auf die kognitive Belastung beim Lernen mit unterschiedlichen Instruktionsdesigns* (Wissensprozesse und digitale Medien, Bd. 18). Berlin: Logos.

## Anhang

A	Diagnostik Mathematik .....	164
B	Diagnostik Rechtschreiben .....	165
C	Diagnostik Arbeitsgedächtnis .....	166
D	Lehrerfragebogen: ADHS .....	167
E	Beobachtungsbogen: Aufmerksamkeitsverhalten während der Aufgabenbearbeitung .....	171
F	Schülerfragebogen: Selbstkonzept, Spaß, Schwierigkeit.....	173
G	Übungsmaterial Mathematik (geringe Belastung) .....	174
H	Übungsmaterial Mathematik (hohe Belastung) .....	175
I	Übungsmaterial Rechtschreiben (geringe Belastung) .....	176
J	Übungsmaterial Rechtschreiben (hohe Belastung) .....	178
K	Ergebnisse statistischer Analysen.....	179



## A Diagnostik Mathematik



Rechne so viele Aufgaben wie möglich.

$$6 + \underline{\quad} = 10$$

$$8 + \underline{\quad} = 10$$

$$27 + \underline{\quad} = 30$$

$$21 + \underline{\quad} = 30$$

$$25 + \underline{\quad} = 34$$

$$26 + \underline{\quad} = 34$$

$$37 + \underline{\quad} = 44$$

$$36 + \underline{\quad} = 44$$

$$15 + \underline{\quad} = 50$$

$$21 + \underline{\quad} = 50$$

$$12 + \underline{\quad} = 40$$

$$23 + \underline{\quad} = 40$$

$$18 + \underline{\quad} = 20$$

$$14 + \underline{\quad} = 20$$

$$24 + \underline{\quad} = 30$$

$$23 + \underline{\quad} = 30$$

$$19 + \underline{\quad} = 24$$

$$15 + \underline{\quad} = 24$$

$$39 + \underline{\quad} = 44$$

$$35 + \underline{\quad} = 44$$

$$11 + \underline{\quad} = 30$$

$$17 + \underline{\quad} = 30$$

$$18 + \underline{\quad} = 40$$

$$21 + \underline{\quad} = 40$$

## B Diagnostik Rechtschreiben



Höre genau zu.



Schreibe die Wörter und trage mit einem farbigen Stift Silbenstriche ein.

Beispiel: To|ma|ten|sa|lat

Spritze

Bienenstich

Spatzen

Fußballspieler

Stiefel

Vogelspinne

Stapel

Liegestütze

Bleistifte

Kleiderständer

## C Diagnostik Arbeitsgedächtnis

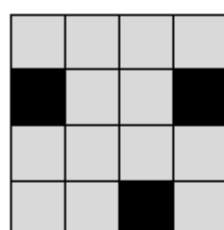
## Phonologische Schleife: Zahlen nachsprechen

Block	Zahlenfolgen	nachgesprochen	Punkte	
2	2 – 9		0	1
	4 – 6		0	1
3	3 – 8 – 6		0	1
	6 – 1 – 2		0	1
4	3 – 4 – 1 – 2		0	1
	6 – 1 – 5 – 8		0	1
5	8 – 4 – 2 – 3 – 9		0	1
	5 – 2 – 1 – 8 – 6		0	1
6	3 – 8 – 9 – 1 – 2 – 4		0	1
	2 – 9 – 6 – 4 – 8 – 3		0	1
7	5 – 3 – 4 – 9 – 6 – 1 – 8		0	1
	2 – 6 – 8 – 1 – 5 – 9 – 4		0	1
8	1 – 8 – 4 – 5 – 9 – 7 – 6 – 3		0	1
	2 – 9 – 7 – 6 – 3 – 1 – 5 – 4		0	1
9	5 – 3 – 8 – 7 – 1 – 2 – 4 – 6 – 9		0	1
	4 – 2 – 6 – 9 – 1 – 7 – 8 – 3 – 5		0	1

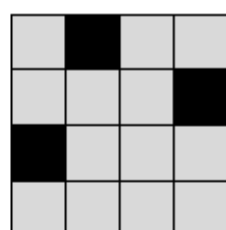
**Zentrale Exekutive: Zahlen nachsprechen rückwärts**

Block	Zahlenfolgen	nachgesprochen	Punkte	
<b>2</b>	2 – 1		0	1
	1 – 3		0	1
<b>2</b>	3 – 5		0	1
	6 – 4		0	1
<b>3</b>	5 – 7 – 4		0	1
	2 – 5 – 9		0	1
<b>4</b>	7 – 2 – 9 – 6		0	1
	8 – 4 – 9 – 3		0	1
<b>5</b>	4 – 1 – 3 – 5 – 7		0	1
	9 – 7 – 8 – 5 – 2		0	1
<b>6</b>	1 – 6 – 5 – 2 – 9 – 8		0	1
	3 – 6 – 7 – 1 – 9 – 4		0	1
<b>7</b>	8 – 5 – 9 – 2 – 3 – 4 – 6		0	1
	4 – 5 – 7 – 9 – 2 – 8 – 1		0	1
<b>8</b>	6 – 9 – 1 – 7 – 3 – 2 – 5 – 8		0	1
	3 – 1 – 7 – 9 – 5 – 4 – 8 – 2		0	1

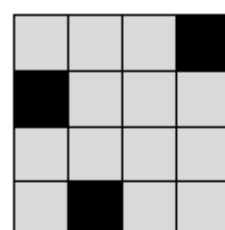
# Visuell-räumlicher Notizblock (statisch): Matrixspanne



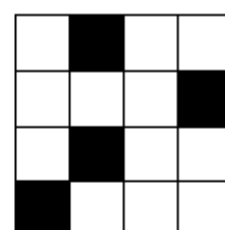
① ②



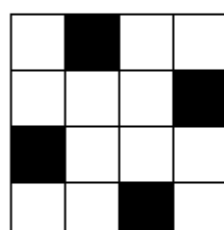
① ②



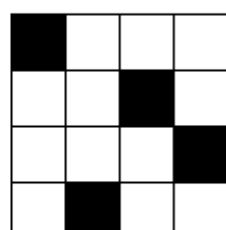
① ②



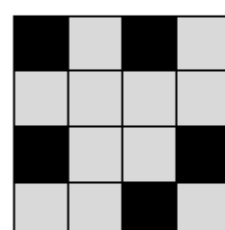
① ②



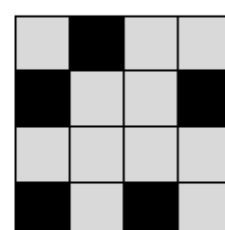
① ②



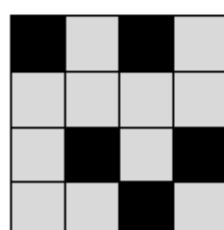
① ②



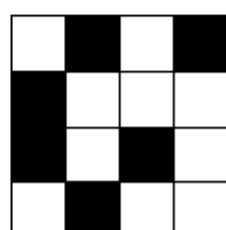
① ②



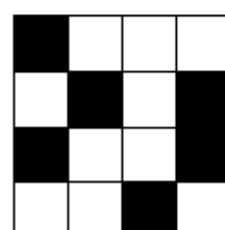
① ②



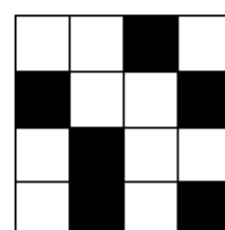
① ②



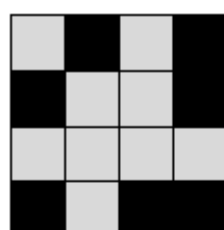
① ②



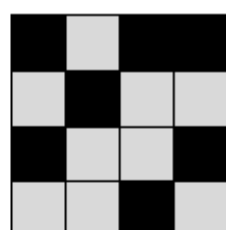
① ②



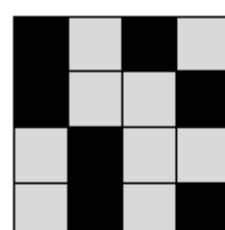
① ②



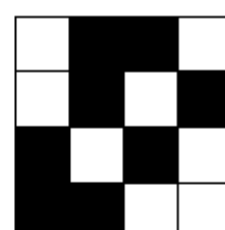
① ②



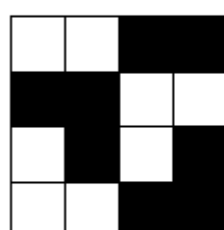
① ②



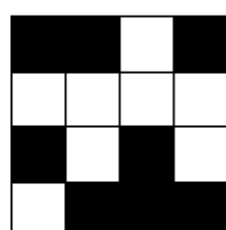
① ②



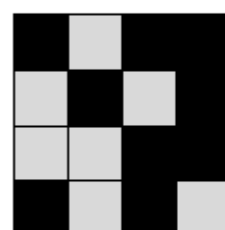
① ②



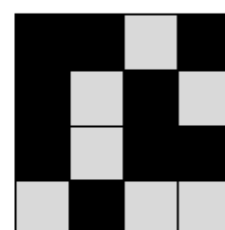
① ②



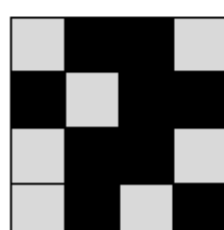
① ②



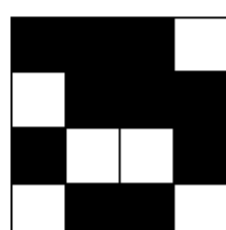
① ②



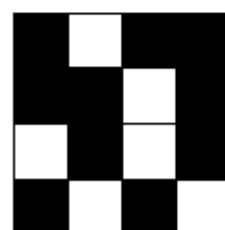
① ②



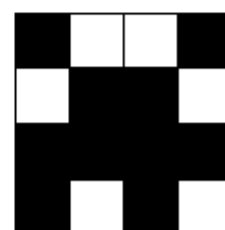
① ②



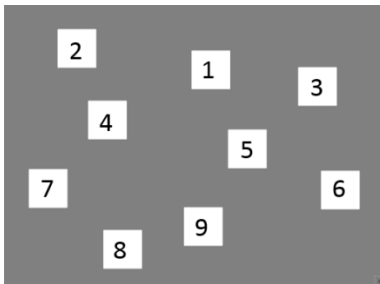
① ②



① ②



① ②

**Visuell-räumlicher Notizblock (dynamisch): Corsiblock**

Ebene	Aufgaben	richtig	falsch
<b>2er</b>	3 – 8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	2 – 6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	7 – 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	9 – 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>3er</b>	9 – 1 – 7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	8 – 2 – 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	7 – 6 – 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	3 – 9 – 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>4er</b>	4 – 6 – 7 – 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	6 – 4 – 1 – 9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	8 – 1 – 9 – 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	2 – 3 – 8 – 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>5er</b>	9 – 3 – 5 – 6 – 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	6 – 4 – 3 – 8 – 5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	2 – 8 – 6 – 7 – 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	7 – 5 – 8 – 1 – 6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>6er</b>	5 – 7 – 6 – 4 – 3 – 8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1 – 6 – 4 – 3 – 8 – 5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	3 – 7 – 6 – 2 – 1 – 8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	7 – 6 – 1 – 8 – 5 – 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>7er</b>	2 – 5 – 8 – 6 – 4 – 3 – 9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	7 – 3 – 9 – 2 – 8 – 6 – 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	5 – 9 – 4 – 6 – 3 – 1 – 8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	8 – 4 – 7 – 9 – 1 – 2 – 6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>8er</b>	4 – 6 – 7 – 3 – 2 – 9 – 1 – 8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	6 – 2 – 9 – 3 – 8 – 1 – 7 – 5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	5 – 2 – 1 – 8 – 7 – 6 – 3 – 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	9 – 3 – 6 – 4 – 5 – 8 – 1 – 7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## D Lehrerfragebogen: ADHS

Kreuzen Sie bitte für jedes Kind an, wie gut die Beschreibung in den folgenden drei Bereichen zutrifft!

Das Kind...

**Unaufmerksamkeit**

- hat Schwierigkeiten, längere Zeit die Aufmerksamkeit bei Aufgaben aufrechtzuerhalten.
- scheint oft nicht zuzuhören.
- lässt sich öfters durch äußere Reize ablenken etc.

**Impulsivität**

- handelt oft vorschnell.
- platzt häufig mit der Antwort heraus, kann nur schwer warten bis es an der Reihe ist.
- unterbricht und stört andere häufig etc.

**motorische Unruhe**

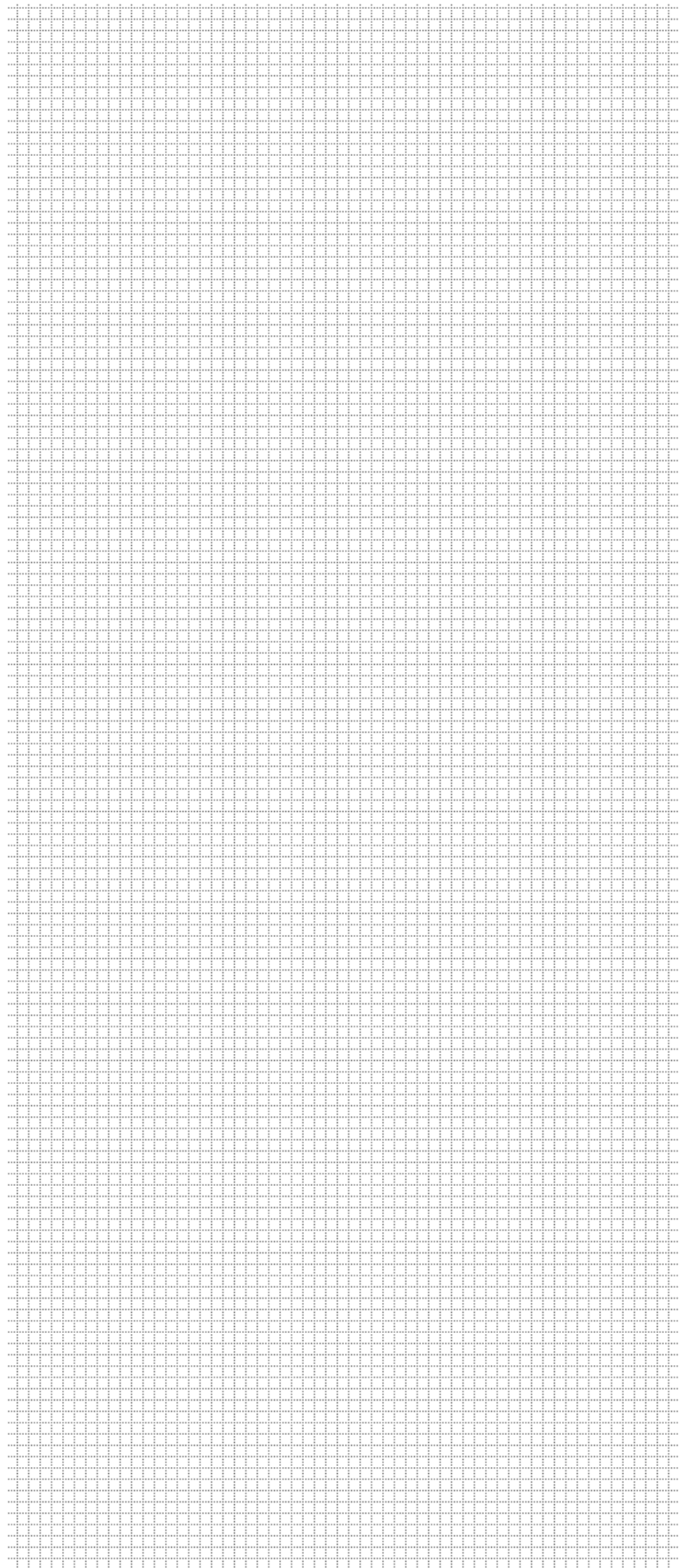
- ist zappelig.
- rutscht häufig auf dem Stuhl herum.
- steht in der Klasse häufig auf etc.

Kind	Unaufmerksamkeit				Impulsivität				motorische Unruhe			
	gar nicht	ein wenig	weit- gehend	besonders	gar nicht	ein wenig	weit- gehend	besonders	gar nicht	ein wenig	weit- gehend	besonders
1.	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
2.	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
3.	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
4.	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
5.	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
6.	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
7.	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
8.	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
9.	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
10.	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
11.	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
12.	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3

## E Beobachtungsbogen: Aufmerksamkeitsverhalten während der Aufgabenbearbeitung

<b>ON-TASK</b>	passiv	I	bearbeitet die Aufgabe
	aktiv	+	aufgabenbezogenes selbst-initiiertes Engagement (hier z.B. sich melden mit Nachfrage zur Aufgabe)
<b>OFF-TASK</b>	passiv	O	bearbeitet die Aufgabe nicht (keine Interaktion, nicht-störend, z.B. schaut aus dem Fenster, träumt vor sich hin)
	aktiv	⊖	nicht aufgabenbezogen aktiv, interagierend störend (z.B. schwätzen, boxen, basteln, Radiergummi zerlegen)


Sitzplanskizze:














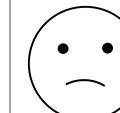









## F Schülerfragebogen: Selbstkonzept, Spaß, Schwierigkeit






**Mathematik**Bitte kreuze an! 


Ich kann gut rechnen.					
-----------------------	---	---	--	---	---




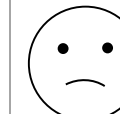




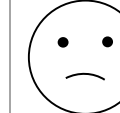

Bitte kreuze an! 

Die Rechenaufgaben haben mir Spaß gemacht.					
Wie schwer fandst du die Rechenaufgaben?					

**Rechtschreiben**Bitte kreuze an! 

Ich kann gut schreiben.					
-------------------------	---	---	--	---	---

Bitte kreuze an! 

Die Schreibaufgaben haben mir Spaß gemacht.					
Wie schwer fandst du die Schreibaufgaben?					

## G Übungsmaterial Mathematik (geringe Belastung)



Rechne so viele Aufgaben wie möglich.

Beispiel:  $\underline{4} + 1 = 5$ **1**

$\underline{\quad} + 6 = 20$

$\underline{\quad} + 4 = 20$

$\underline{\quad} + 2 = 20$

$15 + \underline{\quad} = 20$

$17 + \underline{\quad} = 20$

$19 + \underline{\quad} = 20$

**2**

$15 + \underline{\quad} = 24$

$25 + \underline{\quad} = 34$

$16 + \underline{\quad} = 24$

$26 + \underline{\quad} = 34$

$17 + \underline{\quad} = 24$

$27 + \underline{\quad} = 34$

$\underline{\quad} + 6 = 24$

$\underline{\quad} + 6 = 34$

$\underline{\quad} + 5 = 24$

$\underline{\quad} + 5 = 34$

$\underline{\quad} + 4 = 24$

$\underline{\quad} + 4 = 34$

**3**

$11 + \underline{\quad} = 30$

$11 + \underline{\quad} = 50$

$13 + \underline{\quad} = 30$

$13 + \underline{\quad} = 50$

$15 + \underline{\quad} = 30$

$15 + \underline{\quad} = 50$

$\underline{\quad} + 13 = 30$

$\underline{\quad} + 33 = 50$

$\underline{\quad} + 11 = 30$

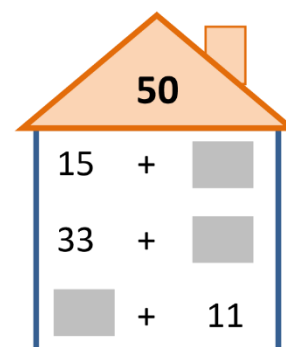
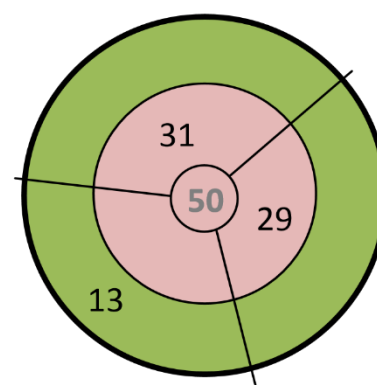
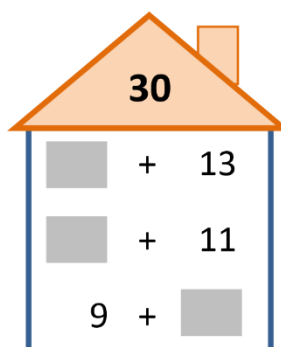
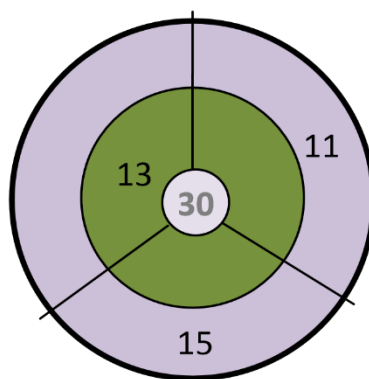
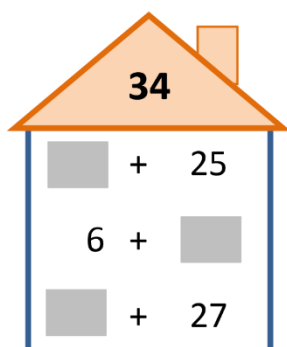
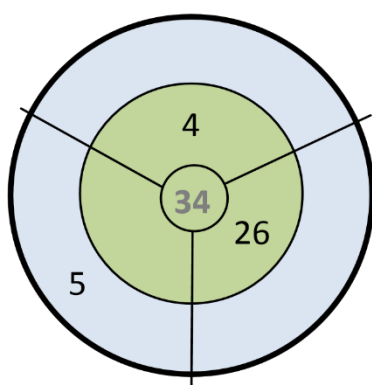
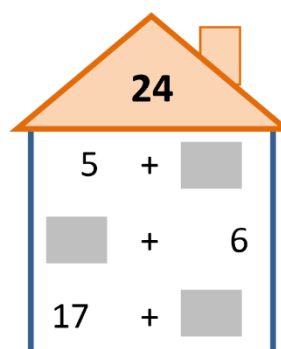
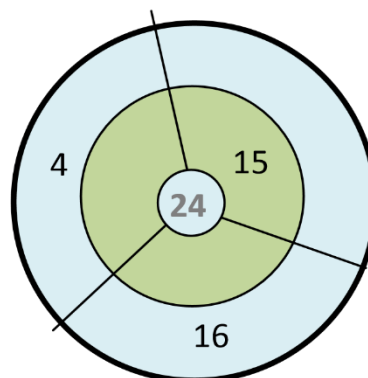
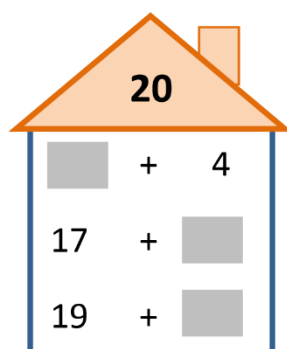
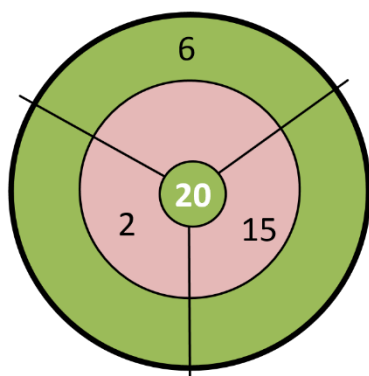
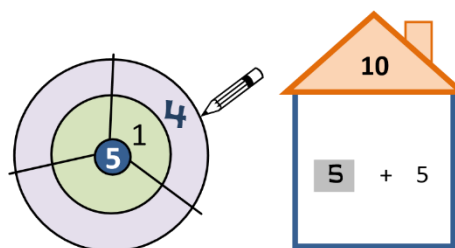
$\underline{\quad} + 31 = 50$

$\underline{\quad} + 9 = 30$

$\underline{\quad} + 29 = 50$

## H Übungsmaterial Mathematik (hohe Belastung)

Fülle die Zielscheiben und Häuser aus.



## I Übungsmaterial Rechtschreiben (geringe Belastung)



Sprich die Silben mit, wähle die passenden Bausteine aus und unterstreiche sie.

Schreibe das richtige Wort auf die Linie und sprich die Silben wieder mit.

Achtung! Bei manchen Wörtern hört man schp oder scht. Man schreibt aber **sp** oder **st**.

**Beispiel:****Stem**

fel

hef

pelkis

te

sen

se

Stempelkissen**Sprit**

te

korb

ze

**Stie**

fel

pier

blatt

**Spie**

gel

fel

stif

**bild**



Bau

keh  
rer  
stel

le

---



Land

hef  
rer  
stra

ße

---



Blei

pel  
stif  
hef

te

---



Fuß

se  
fel  
ball

spie

ler  
ger  
gen

---



Lie

beits  
hef  
ge







stüt

pe  
ka  
ze

---





## J Übungsmaterial Rechtschreiben (hohe Belastung)

Suche die richtigen Bausteine aus und schreibe die Wörter in das Rätsel. Sprich dabei die Silben mit. Achtung! Bei manchen Wörtern hört man schp oder scht. Man schreibt aber **sp** oder **st**.

S	t	e	m	p	e	l	k	i	s	s	e	n
		1										
		3										

<del>Stem</del>	fel	le
Sprit	stel	
Stie	<del>pel</del>	bild
Spie	ze	
Bau	gel	<del>kis</del>


Land	stif	spie	ze
Blei	ge	ße	ler
Fuß	stra	te	
Lie	ball	stüt	

Lösungswort:

1	2	3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

## K *Ergebnisse statistischer Analysen*



Tabelle 37 Korrelationen zwischen den wichtigsten Variablen der Studie im Bereich Mathematik

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)
(1) Vorwissen	1	.28	.82	.05	.06	.20	.18	.20	.04	.04	-.17	-.19	-.09	-.11	.01	-.06	.08	-.04	.18	.13	.15
(2) Übungsleistung	.28	1	.37	-.17	-.27	.19	.21	.03	.03	.08	-.23	-.22	-.13	-.20	.06	.04	.28	-.11	-.01	.19	.29
(3) Leistung im Posttest	.82	.37	1	-.01	.07	.24	.21	.22	.06	.08	-.23	-.23	-.16	-.17	-.01	.00	.10	-.04	.17	.08	.17
(4) Fragen im Prätest	.05	-.17	-.01	1	.16	-.01	-.07	.03	.03	.00	.12	.11	.08	.11	-.23	.13	-.16	.02	.08	.04	.02
(5) Fragen in der Übung	.06	-.27	.07	.16	1	.03	-.01	.08	.03	-.03	-.06	-.09	.03	-.06	-.10	.03	-.26	.25	.02	-.12	-.26
(6) AG Gesamt	.20	.19	.24	-.01	.03	1	.57	.63	.55	.57	-.18	-.24	-.09	-.12	-.03	-.01	-.00	.08	.02	-.01	.06
(7) phonologische Schleife	.18	.12	.21	-.07	-.01	.57	1	.25	.04	.04	-.06	-.10	-.01	-.01	-.08	-.04	.01	-.02	-.02	-.03	.05
(8) zentrale Exekutive	.20	.08	.22	.03	.08	.63	.25	1	.10	.11	-.13	-.15	-.09	-.10	.01	.02	.00	.08	.00	.01	.04
(9) vis.-räuml. statisch	.04	.14	.06	.03	.03	.55	.04	.10	1	.14	-.06	-.07	-.01	-.06	-.08	.04	-.03	.06	-.03	-.01	.08
(10) vis.-räuml. dynamisch	.04	.10	.08	.00	-.03	.57	.04	.11	.14	1	-.16	-.22	-.10	-.10	.09	-.04	.02	.06	.06	.03	-.03
(11) ADHS Gesamtwert	-.17	-.22	-.23	.12	-.06	-.18	-.06	-.13	-.06	-.16	1	.83	.87	.91	-.19	.05	-.10	.04	-.07	-.12	-.04
(12) Aufmerksamkeit	-.19	-.22	-.23	.11	-.09	-.24	-.10	-.15	-.07	-.22	.83	1	.53	.64	-.18	.05	-.11	-.00	-.06	-.09	-.07
(13) Impulsivität	-.09	-.13	-.16	.08	.03	-.09	-.01	-.09	-.01	-.10	.87	.53	1	.75	-.19	.07	-.10	.08	-.06	-.10	-.01
(14) Hyperaktivität	-.11	-.20	-.17	.11	-.06	-.12	-.01	-.10	-.06	-.10	.91	.64	.75	1	-.15	.01	-.05	.01	-.04	-.13	-.15
(15) Prätest on task passiv	.01	.06	-.01	-.23	-.10	-.03	-.08	.01	-.08	.09	-.19	-.18	-.19	-.15	1	-.49	-.49	-.49	-.49	-.49	-.49
(16) Prätest on task aktiv	-.06	.04	.00	.13	.03	-.01	-.04	.02	.04	-.04	.05	.05	.07	.01	-.49	1	-.20	.27	.05	-.03	-.20
(17) Übung on task passiv	.08	.28	.10	-.16	-.26	-.00	.01	.00	-.03	.02	-.10	-.11	-.10	-.05	.32	-.20	1	-.56	-.05	.07	.12
(18) Übung on task aktiv	-.04	-.11	-.04	.02	.25	.08	-.02	.08	.06	.06	.04	-.00	.08	.01	-.22	.27	-.56	1	.04	.00	-.06
(19) Selbstkonzept	.18	-.01	.17	.08	.02	.02	-.02	.00	-.03	.06	-.07	-.06	-.06	-.04	-.03	.05	-.05	.04	1	.39	.35
(20) Spaß	.13	.19	.08	.04	-.12	-.01	-.03	.01	-.01	.03	-.12	-.09	-.10	-.13	.01	-.03	.07	.00	.39	1	.56
(21) Schwierigkeit	.15	.29	.17	.02	-.26	.06	.05	.04	.08	-.03	-.04	-.07	-.01	-.02	-.02	-.01	.12	-.06	.35	.56	1

Anmerkungen.

AG: Arbeitsgedächtnis. vis-räuml.: visuell-räumlich.

Tabelle 38 Korrelationen zwischen den wichtigsten Variablen der Studie im Bereich Rechtschreiben

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)
(1) Vorwissen	1	.28	.82	.05	.06	.20	.18	.20	.04	.04	-.17	-.19	-.09	-.11	.01	-.06	.08	-.04	.18	.13	.15
(2) Übungsleistung	.28	1	.37	-.17	-.27	.19	.21	.03	.03	.08	-.23	-.22	-.13	-.20	.06	.04	.28	-.11	-.01	.19	.29
(3) Leistung im Posttest	.82	.37	1	-.01	.07	.24	.21	.22	.06	.08	-.23	-.23	-.16	-.17	-.01	.00	.10	-.04	.17	.08	.17
(4) Fragen im Prätest	.05	-.17	-.01	1	.16	-.01	-.07	.03	.03	.00	.12	.11	.08	.11	-.23	.13	-.16	.02	.08	.04	.02
(5) Fragen in der Übung	.06	-.27	.07	.16	1	.03	-.01	.08	.03	-.03	-.06	-.09	.03	-.06	-.10	.03	-.26	.25	.02	-.12	-.26
(6) AG Gesamt	.20	.19	.24	-.01	.03	1	.57	.63	.55	.57	-.18	-.24	-.09	-.12	-.03	-.01	-.00	.08	.02	-.01	.06
(7) phonologische Schleife	.18	.12	.21	-.07	-.01	.57	1	.25	.04	.04	-.06	-.10	-.01	-.01	-.08	-.04	.01	-.02	-.02	-.03	.05
(8) zentrale Exekutive	.20	.08	.22	.03	.08	.63	.25	1	.10	.11	-.13	-.15	-.09	-.10	.01	.02	.00	.08	.00	.01	.04
(9) vis.-räuml. statisch	.04	.14	.06	.03	.03	.55	.04	.10	1	.14	-.06	-.07	-.01	-.06	-.08	.04	-.03	.06	-.03	-.01	.08
(10) vis.-räuml. dynamisch	.04	.10	.08	.00	-.03	.57	.04	.11	.14	1	-.16	-.22	-.10	-.10	.09	-.04	.02	.06	.06	.03	-.03
(11) ADHS Gesamtwert	-.17	-.22	-.23	.12	-.06	-.18	-.06	-.13	-.06	-.16	1	.83	.87	.91	-.19	.05	-.10	.04	-.07	-.12	-.04
(12) Aufmerksamkeit	-.19	-.22	-.23	.11	-.09	-.24	-.10	-.15	-.07	-.22	.83	1	.53	.64	-.18	.05	-.11	-.00	-.06	-.09	-.07
(13) Impulsivität	-.09	-.13	-.16	.08	.03	-.09	-.01	-.09	-.01	-.10	.87	.53	1	.75	-.19	.07	-.10	.08	-.06	-.10	-.01
(14) Hyperaktivität	-.11	-.20	-.17	.11	-.06	-.12	-.01	-.10	-.06	-.10	.91	.64	.75	1	-.15	.01	-.05	.01	-.04	-.13	-.15
(15) Prätest on task passiv	.01	.06	-.01	-.23	-.10	-.03	-.08	.01	-.08	.09	-.19	-.18	-.19	-.15	1	-.49	-.49	-.49	-.49	-.49	-.49
(16) Prätest on task aktiv	-.06	.04	.00	.13	.03	-.01	-.04	.02	.04	-.04	.05	.05	.07	.01	-.49	1	-.20	.27	.05	-.03	-.20
(17) Übung on task passiv	.08	.28	.10	-.16	-.26	-.00	.01	.00	-.03	.02	-.10	-.11	-.10	-.05	.32	-.20	1	-.56	-.05	.07	.12
(18) Übung on task aktiv	-.04	-.11	-.04	.02	.25	.08	-.02	.08	.06	.06	.04	-.00	.08	.01	-.22	.27	-.56	1	.04	.00	-.06
(19) Selbstkonzept	.18	-.01	.17	.08	.02	.02	-.02	.00	-.03	.06	-.07	-.06	-.06	-.04	-.03	.05	-.05	.04	1	.39	.35
(20) Spaß	.13	.19	.08	.04	-.12	-.01	-.03	.01	-.01	.03	-.12	-.09	-.10	-.13	.01	-.03	.07	.00	.39	1	.56
(21) Schwierigkeit	.15	.29	.17	.02	-.26	.06	.05	.04	.08	-.03	-.04	-.07	-.01	-.02	-.02	-.01	.12	-.06	.35	.56	1

Anmerkungen.

AG: Arbeitsgedächtnis. vis-räuml.: visuell-räumlich.

## Eidesstattliche Erklärung

„Ich erkläre: Ich habe die vorgelegte Dissertation selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht.“

Gießen, den 10.06.2014 Agnes Teresa Hecht